

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-335553

(P2002-335553A)

(43) 公開日 平成14年11月22日 (2002. 11. 22)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 4 Q 7/34		H 0 4 L 12/46	A 5 K 0 3 0
H 0 4 L 12/46		12/56	1 0 0 D 5 K 0 3 3
12/56	1 0 0	H 0 4 M 3/00	B 5 K 0 5 1
H 0 4 M 3/00		H 0 4 B 7/26	1 0 6 A 5 K 0 6 7
H 0 4 Q 7/20		H 0 4 Q 7/04	Z
		審査請求 有	請求項の数19 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2002-19076 (P2002-19076)

(22) 出願日 平成14年1月28日 (2002. 1. 28)

(31) 優先権主張番号 0 9 / 7 7 0 5 4 4

(32) 優先日 平成13年1月26日 (2001. 1. 26)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 301077091

ドコモ コミュニケーションズ ラボラトリーズ ユー・エス・エー インコーポレーティッド

アメリカ合衆国, カリフォルニア州

95110, サンノゼ, スイート300, メトロドライブ 181

(72) 発明者 ヨンジュン エル グウォン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州

95110, サンノゼ, スイート300, メトロドライブ181

(74) 代理人 100098084

弁理士 川▲崎▼ 研二 (外1名)

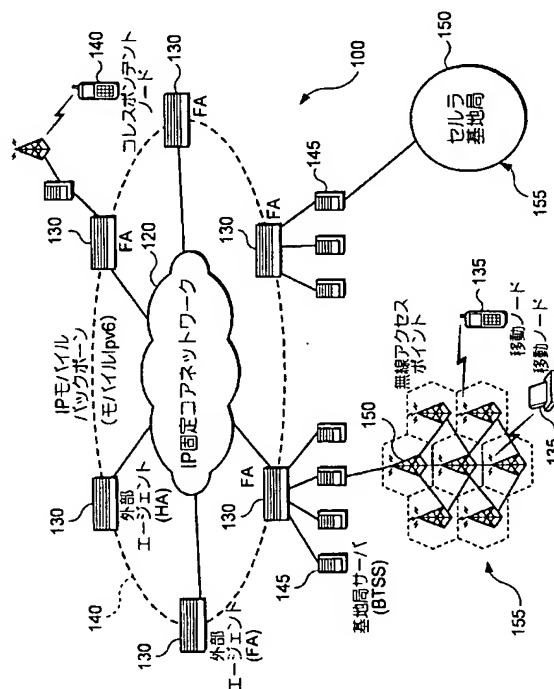
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線の移動体アクセスデジタルネットワークにおけるモビリティ予測方法

#### (57) 【要約】

【課題】 インターネットプロトコルのネットワークにおいて移動ノードのモビリティが原因で起こるパケットレイテンシおよびパケットジッタを削減すること。

【解決手段】 在来型のモバイルIPのモビリティ検知の代わりに、決定論的、統計的、または／および適応的方法を使ってネットワーク論理層（レイヤ3）のパケットレイテンシの特性を用いてネットワークにおける移動ノードのモビリティを予測する。本方法は、とりわけ、通信のハンドオフが差し迫っているという事前通知を提供することにより、ルートの迅速な事前確立、パケットレイテンシの削減を可能にし、且つ、重複するセル環境において最良の基地局を選択することによりサービスの品質を最適化する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 無線の移動体アクセスのデジタルネットワークにおける 1 以上の固定ノードに相対的に移動ノードのモビリティを予測する方法であって、前記移動ノードのモビリティに関連する値を有する第 1 の物理パラメータの複数のサンプルを取得するステップと、前記複数のサンプルを統計的に処理して、前記パラメータの予測未来値を生成するステップとを具備することを特徴とする方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の方法であって、前記第 1 の物理パラメータはパケットレイテンシであることを特徴とする方法。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の方法であって、前記複数のサンプルを取得するステップは、第 2 の関連する物理パラメータの複数のサンプルから前記複数のサンプルを決定論的に取得することを特徴とする方法。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の方法であって、前記第 1 の物理パラメータはパケットレイテンシであり、前記第 2 の物理パラメータは送信機から受信機への距離であることを特徴とする方法。

【請求項 5】 請求項 1 に記載の方法であって、前記複数のサンプルを取得するステップは、前記サンプルを測定することを特徴とする方法。

【請求項 6】 請求項 1 に記載の方法であって、前記第 1 の物理パラメータはパケットレイテンシであることを特徴とする方法。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の方法であって、パケットにタイムスタンプを付与し、前記移動ノードから前記固定ノードのひとつに前記パケットを送信し、前記固定ノードから前記移動ノードに対して前記パケットを再送信し、前記移動ノードにおける前記パケットの到着の時刻を記録し、前記固定ノードから前記移動ノードへのパケットの片道レイテンシを、前記タイムスタンプの値および前記到着時刻の値から計算することにより前記パケットレイテンシを測定することを特徴とする方法。

【請求項 8】 請求項 1 に記載の方法であって、前記統計的に処理するステップは、最小平均二乗アルゴリズムを適用することを特徴とする方法。

【請求項 9】 請求項 8 に記載の方法であって、前記統計的に処理するステップは、平均二乗誤差を最小限にするアルゴリズムを適用することを特徴とする方法。

【請求項 10】 請求項 1 に記載の方法であって、前記第 1 の物理パラメータは統計的な処理であることを特徴とする方法。

【請求項 11】 請求項 10 に記載の方法であって、前記統計的に処理するステップは、統計的な予測処理を含む

むことを特徴とする方法。

【請求項 12】 請求項 11 に記載の方法であって、前記統計的な予測処理は、前記第 1 の物理パラメータの前記複数のサンプル値を相関コンピュータに入力して推定係数を生成するステップと、前記推定係数と前記複数のサンプル値を線形合成器に入力して、未来時刻における前記第 1 の物理パラメータの最小平均二乗誤差による予測値を生成するステップとを具備することを特徴とする方法。

【請求項 13】 請求項 1 に記載の方法であって、前記統計的に処理するステップは、適応的予測処理を含むことを特徴とする方法。

【請求項 14】 請求項 13 に記載の方法であって、前記適応的予測処理は、前記第 1 の物理パラメータの前記複数のサンプル値を適応的予測器に入力して、未来の選択された時刻における前記第 1 の物理パラメータの予測値を生成するステップと、前記選択された時刻における前記第 1 の物理パラメータの実際の値を取得するステップと、前記予測値と前記実際の値を比較して誤差の値を生成するステップと、前記誤差の値を前記適応的予測器にフィードバックして、未来の次の選択された時刻における前記第 1 の物理パラメータの予測値を調整するステップとを具備することを特徴とする方法。

【請求項 15】 請求項 14 に記載の方法であって、前記複数のサンプル値は反復的に前記適応的予測器に入力され、前記適応的予測器は未来の連続した複数の選択された時刻における前記第 1 の物理パラメータの複数の値を反復的に予測することを特徴とする方法。

【請求項 16】 請求項 13 に記載の方法であって、前記適応的予測器は、最小平方二乗アルゴリズムおよび平均二乗誤差を最小にするアルゴリズムを含むことを特徴とする方法。

【請求項 17】 請求項 1 に記載の方法であって、前記予測未来値を予め定められた閾値と比較するステップと、前記予測未来値が前記閾値に到達するか或いは超過した場合に要求された動作を開始するステップとを含むことを特徴とする方法。

【請求項 18】 請求項 1 に記載の方法であって、前記第 1 の物理パラメータは、信号対干渉比、信号対雑音比、パイロット信号強度を含むグループから選択されることを特徴とする方法。

【請求項 19】 請求項 1 に記載の方法であって、前記第 1 の物理パラメータはパケットレイテンシであって、パケットレイテンシの未来値は、ネットワークにおける

複数の固定ノードの各々に関して予測され、ネットワーク接続は、前記移動ノードと、パケットレイテンシの最小予測値を表す前記固定ノードとの間で確立されることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般的にはデジタルデータネットワークにおけるデジタルデータの通信に関し、具体的には第3世代およびそれを超える世代の無線の移動体アクセスのインターネットプロトコルベースのデータネットワークおよび無線LANに関する。さらに具体的には、本発明は、このようなネットワークにおける移動ノードデバイスのモビリティを予測する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】デジタルデータネットワークは、アメリカ合衆国のみならず世界中でビジネス、商業そして個人生活に浸透している。公共インターネット及び私設のローカルおよび広域エリアネットワーク（LAN及びWAN）は、急速にデータ通信及び送信の重要なバックボーンとなりつつある。このようなネットワークで提供されるデータ通信サービスやアプリケーションは数多くあるが、電子メール、ファイルへのアクセスや共用、サービスへのアクセスや共用などがその例である。近年、Voice over IP（VoIP）やリアルタイムの対話型マルチメディアなどの次世代のデータ通信アプリケーションも登場してきた。

【0003】比較的最近まで、デジタルデータネットワークは一般的に複数の「固定」接続点やノードで構成されていた。固定ノードネットワークでは、複数のノードまたはネットワークの接続点は、所定の場所に固定され本来移動可能ではない。これは、このようなネットワークに接続している電子デバイス自体が携帯不能だという意味ではなく、一般的なネットワークアクセス用のデバイスとしては、汎用のデスクトップやラップトップのパーソナルコンピュータ、各種サーバなどがあり、より専門化された電子デバイスとしては、例えばPIM（Personal Information Manager）やPIA（Personal Information Assistants）などが挙げられる。しかしながら、固定ノードネットワークでは、これらのデバイスを固定された場所においてネットワークに接続するので、ネットワークを介してデータを伝達している間はデバイスは移動不可能である。固定ノードデジタルデータネットワークは、周知のプロトコルを使って複数のネットワークノード間でデータを伝達しルーティングする。現代のインターネットのさきがけである7階層OSI

（Open Systems Interconnection）モデルや4階層の米国国防総省ARPANet（Advanced Research Projects Agency：アーパネット）モデルは周知であるが、これらは典型的なマルチレイヤのネットワークプロ

トコルを定義している。例えば、OSIモデルは平易なプロトコルの階層を規定しており、これらの階層には低レベルの物理的なハードウェアの仕様や接続を定義した物理層（レイヤ1）、データリンク設定およびフォーマットを定義したデータリンク層（レイヤ2）、ネットワークアドレッシングおよびルーティングを定義したネットワーク層（レイヤ3）、データトランスポート規則を定義したトランスポート層（レイヤ4）などがある。モデムインターネットプロトコルは、基本的にはOSIとアーパネットプロトコルが融合したものである。

【0004】インターネットと、インターネットに接続されているデジタルネットワークの殆どすべてが、ネットワーク層（レイヤ3）で規定されたものと実質的に同じアドレッシングおよびルーティングプロトコルに従っている。これらのプロトコルでは、ネットワークの各ノードはIP（Internet Protocol）アドレスと呼ばれる一意のアドレスを持っている。ネットワークを介してまたはネットワーク間でデジタルデータを伝達するには、送信側、つまりソースノードは送信するデータを複数の「パケット」に細分する。これらのパケットには、送信データの他に、ソースノードと目的の宛先ノード各々のIPアドレス、そしてプロトコルが規定した他の情報が含まれている。伝達されるデータの量や他の周知の要因次第で、データを伝達するだけのために複数のパケットを生成し送信する必要がある場合もある。ソースノードは各パケットを別々に送信し、各パケットは、プロトコルに規定される当業者には周知の「ルーティング」方法によってソースノードから宛先ノードへネットワークの中継ノードを経由して送信される。IETFのRFC 2460として規定されるインターネットプロトコルバージョン6を参照されたい。尚、この文献は本願明細書に参照として援用される。これら複数のパケットの各々は、宛先ノードまで同じルートを辿る必要はなく、宛先ノードに同時に到達する必要もない。これは、パケット生成の過程で各パケットに順序標識が付与されるためである。パケットが本来の順序とは異なる順序で非同時に到着した場合でも、宛先ノードはこの順序標識を使ってパケットを元の順序に再構成することができるので、送信されたパケットから元のデータを再構成することが可能になる。

【0005】このアプローチでは、データ通信処理において、時間に対する一定の配慮を行う必要がある。この時間的配慮が必要な理由は多数あるが、パケットの到着遅延（レイテンシ）やパケットの再構成が原因で生じる遅延（パケットジッタ）などがその例である。例えば、中継ノードで問題が発生したために特定又は選択された送信ルートが中断されパケットの到着が遅れる場合が考えられる。このような場合には、ルーティングが行われ結果として遅延が生じるか、或いは、中継ノードでの問題の解決を待ってから送信が実行するため結果的に更

なる遅延が生じることになる。宛先ノードでは、パケットを元の順序に再構成するための処理に際して一定量のオーバーヘッドが生じる。例えば、ある特定のデータ送信に多数のパケットを要する場合、或いは、宛先ノードが他の要因により重荷な処理負荷下にある場合などは、このオーバーヘッドが相当に増加する場合も考えられる。また、パケットがルート上で失われ目的の受信ノードには決して到達しない場合も考え得る。

【0006】にもかかわらず、現在のアプローチは、時間的要因に比較的影響されないデータ通信アプリケーションの固定ノードネットワークにおいては比較的うまく機能している。例えば、現在のアプローチは電子メール送信やファイル転送の際に比較的うまく機能する。これは、電子メール送信やファイル転送のようなデータ通信はリアルタイムの対話的なアプリケーションではないため、レイテンシやパケットジッタなどの要因に特に影響されないことが一因である。また、現在の固定ノードインターネットプロトコルでは、パケット損失が発生した場合でも必要に応じてパケットの再送信が可能のため、解決不能な問題を生じることではない。

【0007】しかし、VoIPやリアルタイムの対話型マルチメディアのような、リアルタイムの対話型データ通信が登場したことで、現在の固定ノードインターネットプロトコルによるアプローチは本質的な課題に直面している。電子メールやファイル転送と違って、このようなリアルタイムの対話型データ通信のアプリケーションは、終端間のパケットレイテンシやパケットジッタなどの時間的要素にかなり影響されやすい。

【0008】例えば、VoIPは、標準電話の信号方式と制御プロトコルを使ってIPデジタルデータネットワークを介してリアルタイムの対話型終端間音声通信を提供する。VoIPでは、音声信号はデジタル形式に変換され、パケット化され、送信され、そして一般的に使用されているインターネットのプロトコルを使ってIPネットワーク上をソースノードから宛先ノードにルーティングされる。到着先において、パケットは再度組み立てられ、音声信号が再構成されて音声再生される。これらの信号処理、送信、そしてルーティングはリアルタイムに実行される。したがって、パケット遅延が発生すると、会話の一方の当事者が話す時間と、会話の他方の当事者が話し手が言ったことを聞く時間の時差が発生する。閾値を超えた遅延や、実質的に混乱のない会話を行うことができなくなるほどの遅延は受け入れられない。実際、0ミリ秒から約300ミリ秒までの範囲での一方方向パケットレイテンシは、「優」から「良」の通信品質が得られる一方、300ミリ秒を越えるレイテンシでは、「不良」または「不可」の品質しか得られないことが実証されている。

【0009】また、送信中にパケット損失が発生すると、VoIP通信の品質に悪影響を及ぼす。60ミリ秒

を超えるデジタル化された音声データから成る音声パケットが失われた場合、音声不明瞭になることが実証されている。ルーティングの問題など、パケットが送信中に失われる理由は数多くある。VoIPはリアルタイムの対話型データ通信なので、再送信が可能な現在のインターネットプロトコルでもこの場合殆ど意味がないことになる。

【0010】パケットジッタもVoIP通信の品質に著しい影響を与える。VoIPでは、パケットジッタが生じると、最低限許容可能なレイテンシの要件を満たすのに必要な制限時間内にパケットすべてを再構成することができなくなる。その結果、再組み立て処理に際しパケットがいくつか失われているため、即ち、音声データが一部欠けているため、音声品質が悪化する。許容範囲の音声品質を保つためには、一般的に音声パケットの到着間隔は40～60ミリ秒の範囲内に制限されなければならないことが判定されている。この範囲内であれば、データのバッファリングを使用することによって、音声通信の全体的な品質に実質的な影響を与えることなくジッタ問題を解決することが可能である。

【0011】イントラネットワーク処理遅延、送信遅延、及びルーティング遅延に極めて影響されやすいリアルタイムの対話型マルチメディアデータ通信アプリケーションの数は増加しており、VoIPはその一例に過ぎない。例えば、リアルタイムの対話型ビデオ及び／またはオーディオを伴う同様のアプリケーションも、同様の配慮が必要になる。

【0012】加えて、近年提案されている無線の移動体アクセスのデジタルデータネットワークにおけるアドレッシングとルーティング技術はダイナミックに変化しており、固定ノードデータネットワーク用の現在のインターネットのアドレッシングやルーティングプロトコルおよびアプローチでは、この変化に対応するのは不可能である。国際電気通信連合(ITU: International Telecommunication Union)インターネット学会は、世界規模のデータネットワーク標準規格に関する公認の機関であるが、近年、IMT-2000(International Mobile Telecommunications-2000)標準規格を発行した。これらの標準規格は、いわゆる第3世代(3G)さらにそれを越える世代の(即ち、3.5G、4G等)データネットワークにおける、セルラ電話、PDA(Personal Digital Assistants)、携帯型コンピュータなどの無線の移動ノードデバイスによる広範な移動体アクセスを提案している(<http://www.itu.int>参照)。この提案された第3世代とそれを越える世代のネットワークは、在来型の無線の移動体アクセスのセルラ電話ネットワークと異なり、完全にIPを基礎としている。即ち、データはすべて標準インターネットのアドレッシングとルーティングプロトコルを介して終端から終端までデジタル形式で伝達される。さら

に、現在の固定ノードネットワークと異なるのは、提案された第3世代とそれを超える世代の無線の移動体アクセスネットワークでは、無線の移動ノードはネットワークとの接続が維持されていて他の固定または移動ネットワークノードとのデータ通信に従事している間は、ネットワーク内を自由に移動できる点である。とりわけ、このようなネットワークは、通信中のノード間でデータパケットをダイナミックリルーティングする機能を備える必要が出てくる。現在のインターネットのアドレッシングおよびルーティングプロトコルやスキームは、固定IPアドレスと固定ノード関係に基いているので、そのような機能は備えていない。同様に、現在の固定ノードのインターネットのプロトコルは、無線LANで使用するには不十分である。

【0013】第3世代およびそれを超える世代の無線の移動体アクセスネットワークおよび無線LANにおいて提起されているモバイルIPアドレッシングおよびダイナミックリルーティングという課題に対処するため、標準規格が提案された。例えば、インターネット・エンジニアリング・タスク・フォース（IETF: Internet Engineering Task Force、以下IETFと呼ぶ）は、インターネットアーキテクチャの進化とインターネットの円滑な運営に関心を持つネットワーク設計者、事業者、ベンダー、そして研究者の国際共同体であるが、そのような移動体アクセスネットワークにおけるIPアドレッシングとダイナミックリルーティングに対処するための標準規格をいくつか提案している（<http://www.ietf.org> 参照）。これら提案された標準規格には、IETFのRFC2002（モバイルIPバージョン4とも呼ばれる）のようなIPモビリティサポートの標準規格や「IPv6におけるモビリティサポート」という名のドラフト作業書「draft-ietf-mobileip-ipv6-12」（モバイルIPバージョン6とも呼ばれる）などが含まれる。提案されているモバイルIP標準規格は、現在のインターネットのアドレッシングとルーティングのプロトコルおよびスキームの欠点に取り組み、無線の移動ノードデバイスによるネットワークアクセスとデータ通信に対応している。しかしながら、これらの標準規格は、VoIPのようなリアルタイムの対話型データ通信アプリケーションにとって致命的な、例えば、終端間レイテンシやパケットジッタのような送信タイミングと遅延の問題に対処している訳ではない。確かに、パケットレイテンシやジッタは、固定ノードのIPネットワークに比べ、提案されている第3世代の移動体アクセスネットワークにとっては重要な課題となっている。遅延の主要因としては、移動ノードがネットワーク内で位置を変更したときに、移動ノードのネットワーク接続をあるアクセスノードから別のアクセスノードに「ハンドオフ（手渡し）」する際に必要な付加処理およびオーバーヘッドの時間が挙げら

れる。ハンドオフ処理では、とりわけ、新規アクセスノードとの通信を設定し、移動ノードを登録して認証し、ネットワークにおける位置登録を更新し、認証やセキュリティの問題および要件に対処し、移動ノードと通信の相手方ノードであるコレスポンデントノードとの新規なデータルートを設定するなどの処理を行う。これら必須処理が原因で生じる付加遅延により、データ通信、特にリアルタイムの対話型データ通信の品質が著しく劣化する可能性があり、回線の切断も起こり得る。

【0014】移動体ネットワークアクセス技術の進化に加え、CDMA（Code Division Multiple Access）やWCDMA（Wideband Code Division Multiple Access）技術などの無線データ通信技術の進化により、セルラ通信ネットワークの移動送受信機や他の無線デバイスのユーザがVoIPや他のリアルタイムの対話型データ通信アプリケーションおよびサービスを利用する際に必要な帯域幅のデータトラフィック処理機能が新たに提供されるようになった。しかしながら、これらの高度通信技術も、パケット送信レイテンシとジッタの問題に対処している訳ではない。これらの問題はネットワーク層で発生し、提案されている第3世代およびそれを超える世代の無線の移動体アクセスIPベースのネットワークにおいてVoIPや他のリアルタイムの対話型データ通信アプリケーションとサービスを実現するためにはこの問題の解決は必須である。

【0015】無線の移動体アクセスデータネットワークが直面している第2の問題としては、サービスの品質の問題がある。低い信号品質、過度の誤り訂正、そしてその結果生じるパケット遅延などの問題に対処する必要がある。このような問題は、例えば移動ノードが用いるネットワーク内のデータ接続点が最適ではない場合に発生する。

【0016】ネットワークノードが移動することで発生する移動体アクセスのIPネットワークにおけるパケット送信遅延の問題に対処する努力が進められている。現在のIETF提案書には、提案されているモバイルIP標準規格を発展させてパケットのルーティングを最適化させることを提案しているものがある。これは、移動ノードおよびコレスポンデントノード間の直接ルートを設定して、移動ノードのホーム「エージェント」ルータを介したパケットの「トンネリング」を回避するというものである（[www.ietf.org/internet-drafts](http://www.ietf.org/internet-drafts) 「モバイルIPのルート最適化」という題名の「draft-ietf-mobileip-opt-09.txt」を参照）。これは、提案されているモバイルIP標準規格の下で移動ノードとコレスポンデントノード間のパケットの「三角ルーティング」から生じる周知の非同期レイテンシの問題に対する対策として提案された。しかしながら、いずれにせよ、この提案は移動ノードのモビリティが検出されるかどうか

かに依存しており、且つ安定した状態におけるレイテンシの問題に対処したに過ぎないため、部分的に欠陥がある。つまり、現在の提案書が想定しているデータ通信の直接ルートは、モビリティが検出されて移動ノードおよびコレスポンデントノード間の通信が隣接ノードから別の隣接ノードにハンドオフされた後に設定される。このように、この提案は、ハンドオフ処理自体の処理中または処理直後に発生する著しい遅延に対処したものではない。このハンドオフ処理に関連した遅延は、VoIPのようなリアルタイムの対話型データ通信に関する最重要課題だと言ってよい。その上、サービスの品質の問題についても何も対処していない。

【0017】また、UCLAで研究中のスーおよびガーラが行った提案では、予測モビリティ分析を使って、完全に移動する「非定型」ルーティングのデータネットワークにおいて、移動ノードの方向と位置を他の移動ノードと相対的に判定する。この提案では、GPS (Global Position Satellite) 技術を用いて様々な移動ノードの移動速度と方向を判定し、ハンドオフが必要になる前に隣接ノードが通信を維持できる時間を予測する。しかし、この提案は、第3世代およびそれを超える世代の無線の移動体アクセスネットワークが直面するパケット遅延の問題に適切な解決策を示していない。それには多くの理由があるが、ひとつには、コストが法外に高いということである。また、膨大な量の複雑な数学計算が必要であるので、比較的限られた処理および演算機能しか備わっていない現在の移動ノードデバイスでは、この提案を実行することは実際不可能である。また、重大なことに、この提案もサービスの品質の問題への対策は何も示していない。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】まず、第3世代およびそれを超える世代の無線の移動体アクセスのインターネットのプロトコルのネットワークにおいて移動ノードがデータ通信中にネットワークのアクセスポイントを変更することにより発生するパケットレイテンシおよびジッタを削減する方法が求められている。

【0019】次に、移動ノードが複数のネットワークアクセスポイントを利用可能である場合に移動ノードの通信サービスの品質を最適化する方法も必要である。加えて、比較的限られた処理および演算機能しかない移動ノードデバイスにおいて実行可能なパケットレイテンシおよびジッタの削減方法、および通信サービスの最適化を可能にする方法が必要とされている。また、現在提案されている無線の移動体アクセスネットワークだけでなく、無線LANおよび他の無線の移動体アクセスのデジタルデータネットワークに適用可能なアプローチも必要である。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達

成するために、第3世代およびそれを超える世代の無線の移動体アクセスデジタルデータネットワークにおいて、移動ノードのモビリティを予測する方法を提供する。

【0021】一面において、本発明は、インターネットプロトコルのネットワーク層（レイヤ3）で発生した制御パケットレイテンシデータを用いて1以上の固定隣接ノードまたはアクセスポイントとの相対関係によりネットワークにおける移動ノードデバイスのモビリティを予測する。

【0022】別の側面において、本発明は、決定論的アプローチ、統計的アプローチ、および/または適応的なアプローチを用いて移動ノードのモビリティを予測する。このアプローチは、限られた処理および演算機能しかない移動ノードデバイスに容易にインプラント可能である。

【0023】さらに、別の側面において、本発明は、信号対干渉比（SIR: Signal to Interference Ratio）や信号対雑音比（SNR: Signal to Noise Ratio）、またはパイロット信号強度などモビリティに関連するネットワークリンク層（レイヤ2）の変数を使って、ネットワークにおける移動ノードのモビリティを予測する。

【0024】本発明に係る上記方法を採用することにより、移動ノードが自装置のネットワークアクセスをあるノードから別のノードにいつハンドオフする必要があるかに関して高度な判定を行うことができる。これにより、結果的に、移動ノードとそのコレスポンデントノード間で新データルートを予め設定することが可能になり、ハンドオフ処理から生じるパケットレイテンシおよびパケットジッタを削減することが可能になる。また、本発明に係る方法は、複数のネットワークアクセスポイントに接続可能な場合に最適なアクセスポイントを選択する根拠を提供することにより、移動ノードの通信の品質を著しく向上させる。第3世代およびそれを超える世代の無線の移動体アクセスのデジタルデータネットワークにおける他の多数のアプリケーションも本発明のアプリケーションから恩恵を受けるはずである。

【0025】

【発明の実施の形態】現在の最良の実施の形態を図面を参照しながら説明する。この図面において、同様の構成要素には同一の参照符号を付与する。本願明細書に含まれている最良の実施の形態の説明は本質的な意味において単なる例示にすぎず、本発明の範囲を限定するものではない。

【0026】図1は、第3世代の無線の移動体アクセスのIPデータネットワーク100の一例であり、このネットワーク100において、本発明が応用されるように意図されている。本明細書の目的のために、データネットワーク100は、無線の移動体アクセスネットワーク

に関し I M T - 2 0 0 0 標準規格および I T U の仕様に従うものとする。また、データネットワーク 1 0 0 は、I T F の、提案されているモバイル I P バージョン 4 またはモバイル I P バージョン 6 標準規格に準じてモバイル I P サポートを実行するものとする。これらの標準規格および仕様は、I T U および I E T F のホームページに公開されており、本願明細書において参照として援用する。

【0027】無線の移動体アクセスの I P データネットワーク 1 0 0 の中心には、多数の図示せぬ固定ノード、即ち接続またはリンクの固定ポイントを有する固定ノード I P データネットワーク 1 2 0 が備えられている。コアネットワーク 1 2 0 自体は従来からのものである。デジタルデータは、I E T F の R F C 2 4 6 0 に規定されているインターネットプロトコルバージョン 6 などの周知で在来型のインターネットのプロトコルに従って、ネットワーク内またはネットワークを超えて伝達される。尚、I E T F の R F C 2 4 6 0 は、本願明細書に参照として援用される。コアネットワーク 1 2 0 のノードの中には、従来からのルータ（図示せず）があり、これらのルータは従来からあるインターネットアドレッシングおよびルーティングのプロトコルに従って中継ノードとして機能し、ネットワークに接続されているソースノードと宛先ノード間でデータパケットをルーティングする。

【0028】コアネットワーク 1 2 0 上に設けられているのは、複数のサーバ／ルータ 1 3 0 であり、これらが集まって I P モバイルバックボーン 1 4 0 を構成する。I P モバイルバックボーンを構成する複数のサーバ／ルータ 1 3 0 各々はそれ自体コアネットワーク 1 2 0 のノードであり、コアネットワーク 1 2 0 を介して相互接続されている。サーバ／ルータ 1 3 0 は、I E T F の R F C 2 0 0 2（「モバイル I P バージョン 4」）に規定されているように、ホームエージェント（H A : Home Agent）および外部エージェント（F A : Foreign Agent）として機能し、移動ノード 1 3 5 と移動コレスポンデントノード 1 4 0 をコアネットワーク 1 2 0 にインタフェースする。尚、この I E T F の R F C 2 0 0 2 は、本願明細書において参照として援用される。移動ノードは、セルラ送受信機、セルラ電話、携帯型コンピュータ、P I M、無線データ端末など、任意の数の異なる種類の移動無線通信デバイスである。

【0029】R F C 2 0 0 2 に従い、各移動ノード 1 3 5、1 4 0 にはホームネットワークが割り当てられている。また、移動ノード 1 3 5、1 4 0 の各々は移動ノードのホームネットワーク上のルータであるホームエージェントを有する。移動ノードのホームネットワークは、移動ノードが自機のホームネットワークエリアで動作している際のネットワーク 1 2 0 との接続点である。移動ノードのホームエージェントは、移動ノードが自機のホームネットワークエリアで動作している際に移動ノード

が送受信するパケットをルーティングする機能も有する。また、提案されているモバイル I P サポート標準規格によれば、移動ノードのホームエージェントは、移動ノードがホームネットワークエリアから離れて動作している場合に移動ノードの現在位置情報を保持し、外部に位置する移動ノードに対するパケットのルーティングにも引き続き従事する。この点は、少なくとも、提案されているベースのモバイル I P バージョン 4 標準規格において規定されている。

【0030】モバイル I P バックボーン 1 4 0 を構成する他の複数のルータは外部エージェントとして機能する。外部エージェントは、移動ノード 1 3 5 が自機のホームネットワークエリアから離れて動作している際のネットワークアクセスポイントを提供する。ある外部エージェントを介して移動ノードが所定の時刻および位置においてネットワークに接続されている場合、この外部エージェントは、移動ノード 1 3 5 が送受信するパケットをルーティングする。

【0031】在来型の固定ノードのインターネットプロトコルベースのデータネットワークの場合と同様に、ネットワーク 1 2 0 における各ノードは、一意の I P アドレスを有する。同様に、モバイル I P バックボーン 1 4 0 を構成する各エージェント／ルータも一意の I P アドレスを有し、各移動ノードとそれらのコレスポンデントノードも同様である。

【0032】移動ノード 1 3 5、1 4 0 は、基地局サーバ（B T S S）1 4 5 と基地局（B T S）1 5 0 を介してエージェント 1 3 0 と通信する。ひとつのエージェント 1 3 0 は、複数の基地局サーバ 1 4 5 にネットワーク接続されていても良い。各基地局サーバ 1 4 5 はネットワークのノードであり、任意の他のネットワークノードと同様に一意の I P アドレスを有する。各基地局サーバ 1 4 5 は、基地局 1 5 0 のサブネットワーク 1 5 5 を收容し、サブネットワーク 1 5 5 とデータネットワーク 1 0 0 間のインターフェースとして機能する。移動ノード 1 3 5、1 4 0 および基地局は、周知の C D M A、W - C D M A、または同様のデジタルデータ通信技術を用いて互いに通信する。

【0033】基地局サーバ 1 4 5 および基地局のサブネットワーク 1 5 5 の構成、配置および機能は、在来型であり標準である。同様に、無線の移動ノードデバイス 1 3 5 および基地局における C D M A、W - C D M A、或いは同様のデジタルデータ通信技術の実行方法、および無線の移動ノードデバイス 1 3 5 および基地局間のデジタルデータ通信の実行方法も標準である。従って、これらに関する詳細な説明は本発明の理解のためには不要であるので、ここでは省略する。

【0034】データネットワーク 1 0 0 全体の中では、移動ノードのモビリティが 3 レベル想定されている。マクロモビリティは、移動ノードが自分のホームエリアと



ホームエージェントを離れて別のエージェントに収容されるエリアに入るような移動ノードの位置変化を示す。言い換えれば、移動ノードのデータネットワークとのリンクまたは接続があるエージェントから別のエージェントに移動する。マクロモビリティは、ホームエージェントと外部エージェント間、または外部エージェント同士との間の移動を含む。中間モビリティは、ネットワークとのリンクがある基地局サーバから別の基地局サーバに移行した際の移動ノードの位置の変化を示す。例えば、移動ノードがある基地局サブネットワーク155から別の基地局サブネットワーク155に移動するような場合の移動ノードの位置の変更が考えられる。また、マイクロモビリティは、基地局サブネットワーク155内での移動ノードの位置の変化を示す。この場合、移動ノードのネットワークリンクは変わらない。

【0035】中間モビリティとマイクロモビリティの場合の処理は、無線のセルラ通信ネットワークでは周知である。例えば、移動ノードデバイス135がマイクロモビリティ規模で位置を変える場合は、基地局間での通信ハンドオフの検出および処理はビーコン信号の強度を使って行われることは周知である。同様に、移動ノード135が基地局サブネットワークの境界を超えて位置を変える際の基地局サーバ間の通信ハンドオフの検出および処理も標準である。両者の場合において、これらに関する詳細な説明は本発明の理解のためには不要であるので、ここでは省略する。

【0036】本実施形態の意味合いにおいて、本発明は、移動ノードがネットワーク内で位置を移動し、あるエージェントから他のエージェントにネットワークのリンクを変えるようなマクロモビリティレベルの場合に適用される。しかしながら、別の意味合いにおいて、例えば無線LANとの関係において、本発明はマイクロモビリティレベルでの移動にも適用される。図2は、第3世代の無線の移動体アクセスデータネットワークにおける移動ノードのマクロモビリティとハンドオフ処理の簡略型図式表示であり、モバイルIPバージョン6のモビリティサポートを具体化している。この例において、移動ノードのマクロモビリティから生じるエージェント間のネットワーク接続ハンドオフ処理は、提案されているモバイルIPバージョン4の場合はIETFのRFC2002において、また提案されているモバイルIPバージョン6の場合は「www.ietf.org/internet-drafts」で参照可能な「draft-ietf-mobileip-ipv6-12.txt」において規定されている。

【0037】この処理は、移動ノード(MN)135がネットワーク100の開始点Aに位置する状態からスタートする。この位置において、移動ノード135はコレスポンデントノード(CN)140とデータ通信中である。この例では、このコレスポンデントノード(CN)

140は別の移動ノードデバイスであるが、固定ノードであってもよい。移動ノード135が開始点Aにいる間は、移動ノード135とコレスポンデントノード140間のデータ通信は、コアネットワーク120と、ノード135、140にネットワーク接続を提供するローカルルータR1およびR3を介して行われている。好ましくは、移動ノード135とコレスポンデントノード140は、各々ローカルルータR1およびR3と通信する際にCDMA、W-CDMA、または同様の無線の広帯域スペクトラム拡散技術を使用して、例えば基地局と基地局サーバを介して(図示せず)通信するのがよい。図示の例では、移動ノード135は、自機のホームエリアとホームエリアルータ(HA)からはすでに離れて動作しており、ローカルルータR1を介してネットワークに接続している。しかしながら、移動ノード135の開始点Aが自機のホームエリア内であって、ホームエリアルータ(HA)130を介してネットワークノードに接続されコレスポンデントノード140と通信し、自機のホームエリアから別の位置に移動した場合でも状況は同様である。

【0038】この例はモバイルIPバージョン6を実行するネットワークなので、ホームエリアルータ(HA)とローカルルータ(R1、R2)は、モバイルIPバージョン4の場合のようにホームエージェントと外部エージェントとは呼称されないことに留意する必要がある。この詳細な理由は、モバイルIPバージョン6ドラフトIETF文書およびIETFのRFC2002に説明されている。尚、これらの文献はすでに紹介し、本願明細書の参照として援用した。しかし、どちらのバージョンも同様のモビリティ検出とハンドオフ機能を提供しており、移動ノードが第1のルータまたはエージェントに収容されるエリアから離れて第2のルータまたはエージェントに収容されるエリアに入ると、移動ノード135のモビリティが隣接システム発見メカニズムを介して検出されて、移動ノードのネットワーク接続が第1のルータまたはエージェントから第2のルータまたはエージェントにハンドオフされる。この機能は、第1のルータが移動ノードのホームネットワークルータ或いは外部ルータである場合でも同様である。同様に、この機能は、第2のルータが移動ノードのホームネットワークルータ或いは外部ルータである場合でも同様である。いずれのバージョンにおいても、ハンドオフ処理は、パケットレイテンシの主な原因であり、移動ノードとコレスポンデントノード間のリアルタイムの対話型データ通信の質に影響を及ぼす。このように、図示の例はモバイルIPバージョン6との関係で説明されているにもかかわらず、モバイルIPバージョン4の場合にも同様の機能および考慮すべき点が存在しているのである。

【0039】移動ノード(MN)135が開始点Aから中間点Bに移動すると、その移動は、数多く存在する周



知の方法のうち1以上の方法により検出される。通常、移動は移動ノードのネットワークリンク層(レイヤ2)のMAC(Media Access Control)部で検出される。特定の実行方法は様々であるが、Down/Testing/Upインターフェースステータスを使用する方法が周知である。この方法はIETFのRFC1573に説明されており、本願明細書において参照として援用される。別の方法では、ビーコン信号の強度の検出を用いている。また、移動ノード135によって受信される信号の品質を評価する方法もある。これらに関する詳細な説明は本発明の理解のためには不要であるので、ここでは省略する。

【0040】代わりにまたは付加的に、移動ノード(MN)135は、IETFのRFC2461に規定されている隣接システム発見(Neighbor Discovery)技術を用いてもよい。IETFのRFC2461は本願明細書において参照として援用される。また、すでに本願明細書の参照として援用されているモバイルIPバージョン6ドラフト文書(セクション10.4)において、モバイルIPバージョン6の移動ノード用に推奨されている。この技術において、移動ノード135は、いわゆる隣接システム到達不可の検出(Neighbor Unreachability Detection)を使って、①自機のローカルルータR1に送信されたデータパケットのTCP肯定応答を検出し、且つ/または、②エリア内の他の移動ノードデバイスからの隣接システム請求(Neighbor Solicitation)メッセージに応じてローカルルータR1から隣接システム広告(Neighbor Advertisement)メッセージを受信し、且つ/または、③ローカルルータR1から、請求されることなく自発的に送信されたルータ広告(Router Advertisement)メッセージを受信する。TCP肯定応答を受信すると、ローカルルータR1を経由した移動体ノードのネットワーク接続がまだ可能だということを意味する。隣接システム広告および/またはルータ広告メッセージを受信すると、移動ノードにネットワーク接続を提供できる他のローカルルータが存在することを意味する。

【0041】ある時点で、移動ノード135は、中間位置Bに到達し位置Cに向けて移動し続けるにつれて、ローカルルータR1を介したネットワーク接続は劣化し始める。この劣化は、既に説明したように、信号強度の損失や信号品質の低下、および/またはTCP肯定応答の損失または他のローカルルータの存在の検出に基いて検出される。通常、移動ノードデバイスの内部プログラミングでは、予め設定された閾値にいったん到達すると、移動ノード135は新しいローカルルータを特定し、そのルータを介した新ネットワーク接続を設定してローカルルータR1を介した劣悪なネットワーク接続を置き換

えるようにプログラムされている。

【0042】移動ノード135は、RFC2461およびIETFのモバイルIPバージョン6ドラフト文書(セクション10.4)において説明されている隣接システム発見方法論を使って利用可能なローカルルータを特定してもよい。このように、移動ノード135は、ルータ請求メッセージを放送して利用可能なローカルルータがあるかどうか判定するか、利用可能なルータからの請求されることなく自発的に送信されるマルチキャストルータ広告メッセージを受信するのを待つことができる。図示の例では、移動機135は、ルータ請求メッセージを放送するようにしてもよい。ローカルルータR2はこのメッセージを受信すると、ルータ広告メッセージで移動機ノード135に直接応答する。あるいは、移動ノード135は、新しいローカルルータR2から請求されることなく自発的に送信されるルータ広告メッセージを受信するだけでもよい。いずれの方法においても、移動ノードは、新ネットワーク接続の相手となる新ローカルルータR2を特定することになる。

【0043】新ローカルルータR2が特定されると、移動ノード135は新ルータR2を登録して最初のルータR1の登録を取り消すことにより最初のルータR1から新しいローカルルータR2にネットワーク接続をハンドオフする。この登録/登録取消処理の一部として、移動ノードまたは新しいルータR2はバインディング更新、即ち、新しい「気付」IPアドレスを移動ノードのホームルータおよび移動ノードが通信しているコレスポンデントノードに対して送信する。これにより、最初のルータR1の代わりに新ルータR2を介してパケットが移動ノードからまたは移動ノードに対してルーティングされるようになる。また、移動ノード認証およびセキュリティ処理を実行して、移動ノード135が事実正当であることを確認し、盗聴、アクティブ反射攻撃、そして他種の攻撃や、機密データへの不正アクセスなどの問題を回避する。セキュリティおよび認証対策は、IETFのモバイルIPバージョン6ドラフト文書に説明されており、本願明細書において参照として援用する。他のセキュリティおよび認証対策に関してはIETFのRFC2401、2402、2406に説明されており、同様に本願明細書において参照として援用される。ハンドオフ処理および関連する認証およびセキュリティ処理については、提案されているIETFモバイルIP標準規格文書(既出かつ参照として援用済み)において、IETFのRFC2462(本願明細書に参照として援用)およびこの段落中に記載した他のRFCの中に詳細に説明されている。これらに関する詳細な説明は本発明の理解のためには不要であるので、ここでは省略する。しかしながら、想定されているハンドオフ処理を実行するにはかなり時間を要し、とりわけ非同期三角ルーティングが原因でパケットレイテンシおよびジッタが増加し、ミスル

ーティングによってパケット損失の確率が上がることは、当業者にとって明らかであろう。また、提案されたIETFのモバイルIPサポートおよび関連の標準規格は、利用可能な接続ノードが複数存在する際に移動ノード135が新ネットワーク接続を選択する方法を提案していないため、最適な接続の選択に関する課題にも対処していないことは、当業者にとって明らかであろう。

【0044】本発明は、移動ノードのモビリティを予測する方法を提供することにより、パケットレイテンシと最適なネットワーク接続の両方の課題に特に対処したものである。好ましくは、本発明に係る方法は、提案されているモバイルIP標準規格のモビリティ検出に関する現在の方法に取って代わるものである。本発明の方法を使って、移動ノード135はネットワーク接続のハンドオフがいつ必要であるかを、事前に判定することができる。この情報を使って、移動ノードは最初のルータまたはエージェントとのネットワーク接続を保持しながら、新ルータまたはエージェントと新ネットワーク接続を事前に設定することができ、通信相手のレスポンスノードとの新パケットルートを事前に設定することができる。新接続とルートが確立されている場合にのみ移動ノード135は最初のルータまたはエージェントとのネットワーク接続を切断する。このアプローチにより、ハンドオフが原因で起こるパケット遅延と損失が著しく減少する。その上、これらの好ましい予測方法を使うことによって、移動ノードは複数の利用可能な接続ノードの中からネットワーク接続を最適化するノードを選択することができ、ネットワーク通信の品質が最適化される。これら好ましい予測方法によって提供される情報は、これらの例に限らず、また、例えば無線LANのような他の目的で他の意味合いで使用されてもよい。

【0045】第3世代のネットワーク例における最良の実施の形態を説明してきたが、この形態において、モビリティ予測分析は、移動ノードのモビリティに関連する変数または特徴に関して周期的に実行される。好ましくは、モビリティ予測分析は、移動ノード135中に記憶されたプログラムに従って、移動機135の複数のプロセッサ装置が実行するのがよい。このストアプログラム方式のプロセッサ装置は周知である。しかしながら、代わりに、このモビリティ検出は、移動ノードのローカル基地局サーバのプロセッサ装置がその記憶プログラムに従って実行し、検出結果をネットワークの他の任意のデータと同様に移動ノードに対して伝達するようにしてもよい。本実施形態において、モビリティ予測分析は一秒に約1回実行される。

【0046】好ましくは、モビリティ予測分析により、閾値を判定することができる。この閾値は、移動ノードが固定基地局または他のノードとの相対において十分に移動した場合に移動ノードが要求された処理を実行すべきだということを示す値として選択される。例えば、

モビリティに関連する変数の予測値が選択された閾値を超えた場合、移動ノードは新ネットワーク接続を開始し、実際のハンドオフが必要になる前に移動ノードとの新パケットルートを設定するようにしてもよい。代わりに或いは付加的に、モビリティ予測分析は、認証およびセキュリティ対策のハンドオフ前処理のトリガ、ハンドオフ処理自体の他の側面についての前処理のトリガ、または移動ノードの接続および/または通信の品質を最適化するための新ネットワーク接続選択のトリガとして使用することができる。選択された特定の閾値は、特定の処理または実行するよう要求された処理、特定のネットワーク特性、および多種の最適化要因に依存する。

【0047】モビリティ予測分析は、ネットワーク層（レイヤ3）における移動ノード135または基地局サーバ145の論理アドレッシングおよびルーティングのプログラミングにおいてレイヤ3のモビリティに関連する変数に関して実行してもよい。ハンドオフのタイミングを判定する際の周知の方法としては、従来から、レイヤ2またはその副層であるMAC（mobility access control）層におけるビーコン信号の強度が使用される。この方法では、移動ノード135は、在圏する基地局150および隣接基地局150からのビーコン信号の信号強度を監視測定し、最も強いビーコン信号を送信している新基地局150へのハンドオフを実行する。同様に、既に説明したように、在圏している基地局サーバ145への接続および隣接基地局サーバ145への接続性の評価が、移動ノード135と基地局サーバ145間でパケット交換を行うことによりネットワーク層（レイヤ3）において実行される。例えば、ルータは自発的に広告パケットを送信し、通過する移動ノードに対して自らの存在を広告する。この広告パケットは、強度測定用のレイヤ2のビーコンに類似したレイヤ3のビーコンだとみなしてよい。本発明に係るモビリティ予測分析は、これらの特定の packets を用いてネットワークレイヤ3において実行される。しかし、より低レベル層で実行されるビーコンの強度測定などのネットワークレイヤ2における周知の方法を使用して、レイヤ3の予測結果を補足または確認するようにしてもよい。さらに、本発明の予測方法をレイヤ2のモビリティに関連した変数に適用させて同様の結果を得るようにしてもよい。

【0048】本発明に係るモビリティ予測分析の好ましい形態としては、通常、要求された移動ノードによる処理をトリガする閾値を正確に提供するにはそれ自体で十分である。にもかかわらず、利用可能な場合には、GPSによって提供されるような地理的なマッピング情報を使って、モビリティ予測分析の結果を補足または確認するようにしてもよい。

【0049】現段階まで、モビリティ予測の好ましい代替的方法、即ち決定論的方法、統計的方法、適応的方法の3つを説明した。このうち、適応的方法は特に正確な

結果を提供可能である。一般的に、決定論的方法是、移動ノードの物理ネットワーク層（レイヤ2）プログラミングのMAC部で判定された信号強度Sと、移動ノードのネットワーク層（レイヤ3）プログラミングで特定されたパケットレイテンシ $\tau$ の間に関数関係が存在するという認識に基づいている。Sは、基地局と移動ノード間の距離dの関数として変化することが知られている。このように、決定論的なアプローチは、レイテンシ $\tau$ 、距離dの他に、送信電力、チャンネル帯域幅、アンテナ定数、付加白色ガウス雑音（AWGN: additive white Gaussian noise）などの他のパラメータといった過去のサンプルの値からパケットレイテンシの未来値を予測するのに用いることができるパラメータ間の数学的な関係を提供する。

【0050】統計的なアプローチは、通常、レイヤ2信号強度Sとレイヤ3のパケットレイテンシ $\tau$ はどちらも統計的な処理であり、各々S(t)および $\tau(t)$ （tは時間）であるという認識に基いている。よって、在来型の最小平均二乗（LMS: least mean squares）アプローチを、過去のパケットレイテンシのサンプルの値からレイヤ3のパケットレイテンシの未来値を予測するのに用いることができる。適応的方法も、通常、予め測定されたレイヤ3のパケットレイテンシ $\tau$ の値を使う。この方法も、在来型の最小平均二乗アルゴリズムを誤り状態フィードバックと共に使って、パケットレイテンシ $\tau$ の現在値および数個の予め測定されたパケットレイテンシ $\tau$ に基づいてパケットレイテンシ $\tau$ の未来値の最小平均二乗誤差予測値を求める。

【0051】好ましくは、最適なネットワーク接続の評価と選択を容易にするために、移動ノードは、自装置が周期的なビーコンパケットを受信する基地局のうち、すべて或いは少なくとも有効な数の基地局についてのサンプル値を受信して記録する。通常、各ビーコン信号の周期は100ミリ秒程度であり、最高10サンプルでかなり正確なモビリティ予測結果が得られることがわかっている。好ましくは、移動ノードは、自装置がサンプルを受信して記憶する各基地局に関してモビリティ予測を実行する。

【0052】まず、レイヤ2の変数とレイヤ3の変数の関係が分析される。この分析の目的は、レイヤ2で測定された信号強度およびレイヤ3で測定されたパケットレイテンシの値に焦点を当てて、一方のレイヤの他方のレイヤに対するこれらの変数のマッピングのための数式を定式化することである。ここで、S(t<sub>1</sub>), S(t<sub>2</sub>), . . . . . S(t<sub>n</sub>)が、時刻t<sub>0</sub>, t<sub>1</sub>, . . . . . t<sub>n</sub>における、レイヤ2で測定されたビーコン信号のn+1個の連続したサンプルだと仮定する。また、 $\tau(t_1)$ ,  $\tau(t_2)$ , . . . . .  $\tau(t_n)$ が、時刻t<sub>0</sub>, t<sub>1</sub>, . . . . . t<sub>n</sub>における、レイヤ3で測定されたパケットレイテンシのn+1個の

連続したサンプルだと仮定する。パケットレイテンシ $\tau$ は、隣接のルータまたは基地局から移動ノードに対して送信されるビーコンパケットのレイテンシを表す。パケットレイテンシ $\tau$ は、基地局と移動ノード間の無線接続性の品質を示す指標だとみなすことができる。

【0053】理論的な且つ実験的な分析により、パケットレイテンシ $\tau$ と信号強度S間には関数関係が存在していることが確認されている。この関係は、式 $\tau = f(S)$ で表される。この関係を用いて、信号強度Sの周知の統計的モデルに基づいて、パケットレイテンシ $\tau$ の統計的なモデルを構築することができる。P<sub>e</sub>が、ビット誤り率から推定可能なパケット誤りの確率、つまり、パケットが破損していて再送信が必要な確率を示している場合、即ち、

【数1】

$$E = \frac{1}{1 - P_e}$$

. . . . . (1)

ここで、Eは送信者つまり基地局から受信者つまり移動ノードまでのパケット送信が成功するまでに必要な送信試行の予測値である。即ち、パケットレイテンシ $\tau$ は、

【数2】

$$\tau \approx \frac{T_x}{1 - P_e} + T_{proc}$$

. . . . . (2)

【0054】ここで、T<sub>x</sub>は、伝搬遅延プラスパケットのサイズ/ビット率で算出されるパケットごとの総送信時間である。また、T<sub>proc</sub>は、雑処理時間を表す。付加白色ガウス雑音（AWGN）では、ビットまたは記号誤りの発生の確率が、受信された信号対雑音比（SNR）の関数となる。このように、ビットまたは記号誤りの確率とSNRの統計的關係は、無線通信理論を適用することにより、ガウスQ関数で表される。実際、ビットまたは記号誤り発生の確率は、受信したSNRとほぼ反比例しているのは確かである。よって、パケット誤りの確率も、受信されたSNRと反比例している。即ち、

【数3】

$$P_e \propto \frac{1}{\gamma} \Leftrightarrow P_e = \frac{J}{\gamma} = \frac{J}{S} = \frac{JBN_0}{S}$$

. . . . . (3)

ここで、 $\gamma$ はSNR、Jは定数、Sは受信信号電力、Bは受信機の帯域幅、そしてN<sub>0</sub>は雑音電力スペクトル密度である。式(2)と(3)を組み合わせると（且つ、パケット間で相対的に一定のはずであるT<sub>proc</sub>を無視すると）、Sと $\tau$ は、数学的に以下の関係になる。

【数4】

$$\tau \approx \frac{2I}{S - JBN_0}$$

..... (4)

或いは、SNRで表すと

【数5】

$$\tau \approx \frac{\gamma T_x}{\gamma - J}$$

..... (5)

【0055】好ましい決定論的アプローチについて、図 3を参照しながら再度説明すると、移動ノード135は、1以上の基地局150からのビーコン信号を周期的に受信する。ビーコン信号のフォーマットと内容および移動ノードの物理ネットワーク層レイヤ3プログラミングにおけるビーコン信号の処理は標準であるので、詳細な説明はここでは省略する。通常、ビーコン信号は約100ミリ秒の周期である。ビーコン信号Sの強度または絶対値は基地局と移動ノード間の距離dによって変わり、基地局と移動ノード間の距離dは時間tに対して変化すると仮定されている。移動ノードのネットワーク層レイヤ3プログラミングに含まれているのは、プログラミング200である。このプログラミング200は、基\*

(2 ≤ i ≤ 4、自由空間の場合、i = 2) ..... (6)

Kは自由空間定数、Ptは送信電力、fは周波数、dは送信機と受信機間の距離、そしてiは2以上4以下であるというような係数であり、iは自由空間では2に等しい。

【0058】(6)式を(4)式のSに代入すると、レイヤ3のパケットレイテンシτのモデルは以下のように求められる。

【数7】

$$\tau \approx \frac{T_x}{1 - \frac{Jd^i N_0 B}{K P_t}}$$

..... (7)

βをJ/Kに等しい場合、式(7)は以下の式(8)になる。

【数8】

$$\tau \approx \frac{T_x P_t}{P_t - \beta d^i N_0 B}$$

..... (8)

【0059】式(8)は、自由空間パス損失環境におけるパケットレイテンシτを、Tx、β、Pt、d、B、N0から推測する。基地局と移動ノード間の距離であるdを除いて、式(8)のパラメータはすべて移動ノードのレイヤ2またはレイヤ3いずれかのプログラミングから取得可能なシステムパラメータである。このように、決定論的方法においては、dを測定により判定し式(8)

\*地局から移動ノードへの距離のサンプルを多数受信記憶し、数学アルゴリズムを実行して距離のサンプルを基に求めたレイヤ3パケットレイテンシτのサンプルを距離のサンプルに相当する数だけ記憶し、距離のサンプルとパケットレイテンシのサンプルの組み合わせに基いて基地局に係るパケットレイテンシτの未来値を予測する。

【0056】しかしながら、ビーコン信号の強度Sは、基地局と移動ノード間の距離dによってのみではなく、介入する構造、他の基地局による干渉などの他の要因にも影響を受ける点が知られている。したがって、本発明に係る決定論的な予測方法は、自由空間環境(高速フェージングでない)の場合とマルチパスのフェージング環境の場合の無線通信に関して別々に説明する。

【0057】まず、自由空間パス損失モデルにおいて、受信した信号強度Sは、送信機と受信機間の距離dの二乗に反比例している。簡略パス損失モデルは、以下の式によって表される。

【数6】

$$S = \frac{K P_t}{f^2 d^i}$$

に代入してτを求める。dを測定するには様々な方法が可能である。多数の基地局セルが存在し移動ノードが少なくとも3つの基地局からのビーコン信号を受信しているような場合、相対的なビーコン信号の強度測定結果に基づいた在来型の三角測量技術を使って、各基地局から移動ノードの距離を判定することができる。また、GPSを使用する方法もある。

【0060】式(8)を周期的に連続して解することにより、連続した一連の値τが求められる。そして、標準的な回帰分析を実行してサンプルを統計的に回帰曲線に適合させる。この回帰曲線は外挿されて選択された時点または未来のある時点における1以上のτの値を予測する。回帰分析は比較的簡単な線形回帰でも良いが、線形回帰は簡単に実行できる一方予測結果の正確さで劣る場合がある。より正確な予測値が必要な場合には、より複雑で計算が高度な回帰分析を行ってもよい。サンプルベース、即ち、dの測定と対応するτの予測値を周期的に更新し回帰分析を再実行することにより、移動ノードが基地局に対してネットワーク内で移動する場合に基地局に対する移動ノードに係るτの未来値は容易に予測可能である。τの予測に必要な標準時間は約1秒で、100ミリ秒のビーコン信号のおおよそ10周期に相当する。しかしながら、要求があれば、より長いまたは短い予測時間フレームを使っても良いが、タイムフレームが長くなるほど、予測値はより不正確になるという点を認識しておく必要がある。

【0061】自由空間パスモデルと違って、複数フェー

23

ジングモデルは信号が伝搬されてくる実際の環境をより現実的に反映する。複数フェージング環境は、レイリーのフェージングのモデルで正確に表現することができる。受信機アンテナにおけるダイバーシチ合成方法を用いない場合、マルチパスフェージングが原因で信号は著しく劣化する。CDMAシステムでは、RAKE受信機は、パス合成方法によりパスダイバーシチが得られるように設計されている。最大比合成(MRC: maximal ratio combining)がRAKE受信機でパスダイバーシチを取得する場合のベースとなっている。式(3)によると、

【数9】

$$P_e = \frac{J}{\gamma}$$

..... (3)

【0062】複数フェージング環境においては、 $\gamma$ つまり受信したSNRは、ランダムな変数である。マルチパスダイバーシチの場合のMRCの各ブランチは、SNRの平均値つまり $\Gamma$ を持っている。即ち、

【数10】

$$\Gamma = \frac{S}{N_0 B} \bar{\alpha}^2$$

..... (9)

ここで、 $\alpha^2$  (‘ $\alpha^2$ ’は式(9)において‘ $\alpha$ ’の上にある横棒を意味する)は、レイリーのフェージングチャンネルの利得の二乗平均である。 $\alpha$ はレイリー分布であり、 $\alpha^2$ は指数分布である。即ち、SNR平均または複数ブランチMRCの $\gamma_M$  (‘ $\gamma_M$ ’は式(10)において‘ $\gamma$ ’の上にある横棒を意味する)は、

【数11】

$$\bar{\gamma}_M = \sum_{i=1}^M \bar{\gamma}_i = \sum_{i=1}^M \Gamma = M \Gamma$$

..... (10)

【0063】したがって、レイリーフェージング環境におけるRAKE受信機の場合の packets レイテンシ $\tau$ の推定値は、以下の式(11)から求められる。

【数12】

$$\bar{\tau} = \frac{T_s \bar{\gamma}_M}{\bar{\gamma}_M - J}$$

..... (11)

ここで、 $\tau$  (‘ $\tau$ ’は式(11)において‘ $\tau$ ’の上にある横棒を意味する)は平均の packets レイテンシ予測値である。式(9)と(11)を用いると、自由空間フェージングなしの環境の場合の式(8)は、式(12)のようになる。

【数13】

$$\bar{\tau} = \frac{M T_s P_i \bar{\alpha}^2}{M P_i \bar{\alpha}^2 - \beta d^i N_0 B}$$

..... (12)

【0064】好ましい統計的な方法は、式(1)から(8)に表されたものと同じの関係およびモデルを基礎とし、さらに、 $\tau(t)$ それ自体が統計的なプロセスであると更なる認識に基づいている。LMS理論は、過去の統計的値に基づいて予測未来値を求める理論として有名である。このLMSを使って、packets レイテンシ $\tau$ の予測未来値は以下のように表される。

【数14】

$$\hat{\tau}_{t_{N+1}} = E[\tau(t_{N+1}) | \tau(t_N), \tau(t_{N-1}), \dots, \tau(t_0)]$$

..... (13)

【0065】図4に示すように、統計的方法においては、移動ノード135は基地局150から到着するビーコンパケットのレイテンシ時間を測定することによりサンプル時間の間レイテンシ値 $\tau$ のサンプルのセットを取得する。これは、基地局から移動ノードへのビーコンパケットにタイムスタンプを付して送信し、移動ノードにおいて、移動ノードへの到着時間とタイムスタンプが示す時間との差を総 packets レイテンシとして測定することにより可能となる。サンプルのレイテンシ値 $\tau$ は、基地局と移動ノードを慎重に同期化させることにより求めることができる。このように、移動ノード135は、サンプルのレイテンシ値 $\tau(t_0 \sim t_n)$ を求め、メモリ300に格納する。複数のレイテンシ値 $\tau$ のセットは関連コンピュータ330に入力され、このコンピュータ330は在来型の線形LMS技術を用いて推定係数 $K_0$ を与える。推定係数 $K_0$ は、在来型の線形合成器350に入力され、この線形合成器350はサンプルのレイテンシ値 $\tau$ に推定係数 $K_0$ を適用して、在来型のMMS E技術によって未来時刻インデックス $t_{n+1}$ における基地局に係る予測レイテンシ値 $\tau$ を生成する。予測した未来レイテンシ値 $\tau$ は、予め設定された閾値と比較され、必要な動作をトリガするか、或いは前述のように、移動ノードのネットワーク接続を最適化するのに使われる。決定論的方法に関連して説明したレイテンシ $\tau$ の予測の際の距離の測定と時刻インデックスの選択に関する考慮事項は、統計的方法にも適用される。

【0066】さらに、統計的方法は、過去の時刻インデックスにおけるサンプルのレイテンシ値 $\tau$ に在来型のLMSを適用することによって $\tau(t_{n+1})$ は予測可能だという前提に基いている。式(13)の解は以下の式で与えられる。

【数15】

25

$$\hat{\tau}_{t_{n+1}} = K_0 \tau_{t_n}$$

$$\text{ここで、} \tau_{t_n} = \begin{bmatrix} \tau(t_n) \\ \tau(t_{n-1}) \\ \vdots \\ \tau(t_0) \end{bmatrix} \quad \text{および} \quad K_0 = [k_n \quad k_{n-1} \quad \cdots \quad k_0]$$

..... (14)

【0067】式(13)と(14)で表される二乗平均誤差を最小にする独自の方法がある。

【数16】

$$K_0 R_r = R_{\tau_{t_n}} \\ K_0 = R_{\tau_{t_n}} R_r^{-1}$$

..... (15)

ここで、 $R_r$ は自己相関行列、即ち、 $R_r = E \tau \tau^*$ であり、 $R_{\tau \tau_{t_n}}$ は、相互相関行列、即ち、 $R_{\tau \tau_{t_n}} = E \tau \tau_{t_n}^*$ である。

【0068】予測の計算量は、基地局と移動ノード間の経時距離 $d(t)$ がマルコフ過程だと仮定した場合には削減することができる。つまり、離散的な時間間隔において測定された $d(t)$ の複数の値がマルコフ鎖を形成すると仮定した場合である。 $d(t)$ がマルコフ鎖を形成する場合、レイテンシ値 $\tau(t)$ もまたマルコフ鎖を形成する。これは、 $\tau(t)$ が式(8)と(9)に示すように $d(t)$ に基いて判定可能だからである。式(16)に示すように、マルコフ鎖において、過去の状態 $X_0, X_1, \dots, X_{n-1}$ および現在の状態 $X_n$ の値の場合の状態 $X_{n+1}$ の未来値の条件付分布は、過去の状態には依存せず現在の状態にのみ依存していることがわかって

$$\hat{\tau}_{t_{n+1}} = K_0 \tau_{t_n}$$

$$\text{ここで、} \tau_{t_n} = \begin{bmatrix} \tau(t_n) \\ \tau(t_{n-1}) \\ \vdots \\ \tau(t_{n-2}) \end{bmatrix} \quad \text{および} \quad K_0 = [k_n \quad k_{n-1} \quad k_{n-2}]$$

..... (18)

【0071】最後に、適応的予測方法の一形態が図5に図示されている。決定論的および統計的方法と同様に、適応的方法是、好ましくは、移動ノードのレイヤ3ネットワーク層プログラミングにおいて実行される。統計的な方法のように、適応的予測方法は、レイヤ3のパケットレイテンシのサンプルのみに基づいてモビリティを予測する。

【0072】有利な点としては、適応的予測方法では下位層のレイヤ2の処理に基づいた信号強度と距離の測定は不要であり、いかなるシステムパラメータにも依存しない。移動ノードは、パケットレイテンシ $\tau$ のサンプル $\tau(t_0)$ から $\tau(t_n)$ の連続したセットをサンプル時

\*【数17】

$$\Pr\{X_{n+1}|X_n, X_{n-1}, \dots, X_0\} = \Pr\{X_n|X_{n-1}\}$$

10

..... (16)

【0069】式(13)は、未来レイテンシ値 $\tau(t_{n+1})$ は、現在および過去のレイテンシ値 $\tau(t_n), \tau(t_{n-1}), \dots, \tau(t_0)$ に基づいて予測可能である。好ましい統計的なモビリティモデルは厳密に言えばマルコフではないが、過去のレイテンシ値 $\tau$ は現在のレイテンシ値 $\tau$ よりも、未来レイテンシ値 $\tau$ との間でかなりの程度において無相関であることがわかっている。この点を考慮すると、未来レイテンシ値 $\tau(t_{n+1})$ は、現在のレイテンシ値および数個の過去のレイテンシ値 $\tau(t_n), \tau(t_{n-1})$ および $\tau(t_{n-2})$ に基づいて予測可能である。このように、式(13)は、以下のように表すこともできる。

【数18】

$$\tau_{\text{predicted}}(t_{n+1}) = E[\tau(t_{n+1})|\tau(t_n), \tau(t_{n-1}), \tau(t_{n-2})]$$

..... (17)

【0070】この予測モデルの場合、未来レイテンシ値 $\tau$ は以下のアルゴリズムを使って十分正確に予測することができる。

\*【数19】

間の間、好ましくは約1秒の間、周期的に判定する。好ましい形態において、10個の100ミリ秒周期の基地局ビーコン信号から得られた10個のサンプルを使えば十分であることがわかっている。サンプルレイテンシ値 $\tau$ は、統計的方法の一形態に関連して既に説明したのと同じの方法で適切に取得することができる。取得されたサンプルは、好ましくはメモリ500に格納される。新サンプルがひとつ判定されると、メモリ500に格納されている最も古いサンプルと置き換えられる。サンプルは、メモリから適応予測器520に逐次入力される。適応的予測器520は、在来型のLMS技術を使ってサンプルの重み係数を反復計算することにより、サンプル $\tau(t_0)$ から $\tau(t_n)$ を基に予測された未来値 $\tau(t$

$n+1$ ) を生成する。 $\tau(t_{n+1})$  の予測値は加算器530に  
入力され、ここで、続いて判定された実際の $\tau(t_{n+1})$  の  
サンプルの値に加算されて誤り信号 $e(t_{n+1})$  を生成する。  
誤り信号は適応予測器にフィードバックされ、それに従って  
重み係数が調整される。

【0073】 適応的予測方法では、以下の3つのモデルが  
利用可能である。

【数20】

$$\hat{\tau}_{Adaptive} = \omega_0 \tau_D(d_{est} + \Delta d) + \omega_1 \tau(t_n) + \omega_2 \tau(t_{n-1})$$

..... (19)

ここで、 $\tau_D = f(d)$ 、 $d_{est} = f^{-1}(\tau)$ 、 $\Delta d = d_{tn} - d_{tn-1}$ であり、 $\omega_0$ 、 $\omega_1$ 、 $\omega_2$ 、は重み係数である。

【数21】

$$\hat{\tau}_{Adaptive} = \omega_0 \tau(t_n) + \omega_1 \tau(t_{n-1}) + \omega_2 \tau(t_{n-2})$$

..... (20)

【数22】

$$\hat{\tau}_{Adaptive} = \tau(t_n) + \omega_0 \Delta_0 + \omega_1 \Delta_1$$

..... (21)

ここで、 $\Delta_0 = t_n - t_{n-1}$ であり、 $\Delta_1 = t_{n-1} - t_{n-2}$ である。  
式(19)は、最も複雑な演算を要する。式

(8)および(12)に示すように、パケットレイテンシ $\tau$ と  
基地局と移動ノード間の距離 $d$ には決定論的な関係があり、  
略式で $\tau_D = f(d)$ で表される。このように、 $\tau_D(d_{est} + \Delta d)$   
は式(8)または(12)のいずれかを逆方向に解くことにより得られる。  
式(20)は、式(19)より簡単であり、現在および2つの過去の  
パケットレイテンシサンプルを使う。式(21)は、さらに簡単である。

【0074】 重み係数 $\omega_1$ 、 $\omega_2$ 、 $\omega_3$ は、MMSE(最小平均二乗誤差)  
技術により取得できる。このように、重み係数 $\omega_1$ 、 $\omega_2$ 、 $\omega_3$ の  
セットは時間関数であり、過去の重み係数のセットおよび誤り  
フィードバックに基づいて判定される。この誤りフィードバックは、  
予測されたレイテンシと実際測定されたレイテンシの差分である。  
例えば、式(19)の場合の最適な重み係数 $\omega_1$ 、 $\omega_2$ 、 $\omega_3$ は、  
以下のアルゴリズムで表される。

【数23】

$$\begin{bmatrix} \omega_0 \\ \omega_1 \\ \omega_2 \end{bmatrix}_{t_{n+1}} = \begin{bmatrix} \omega_0 \\ \omega_1 \\ \omega_2 \end{bmatrix}_{t_n} + 2\mu \epsilon_{t_n} \begin{bmatrix} \tau_D(d_{est} + \Delta d) \\ \tau(t_n) \\ \tau(t_{n-1}) \end{bmatrix}$$

$$\text{ここで、} \epsilon_{t_n} = \tau(t_n) - \begin{bmatrix} \tau_D(d_{est} + \Delta d) \\ \tau(t_{n-1}) \\ \tau(t_{n-2}) \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \omega_0 \\ \omega_1 \\ \omega_2 \end{bmatrix}_{t_{n-1}}$$

..... (22)

$\mu$ は、式(22)の適応化のスピードと安定性を調整す

る利得定数である。大きな $\mu$ は、重み係数が反復の度に大きめに調整されるので、適応化を加速する。経験的に、 $\mu = 0.05$ が $\mu$ の最適値だと判定されている。

【0075】 決定論的方法および統計的方法によって生成された予測未来値 $\tau$ の場合と同様に、適応的予測方法によって生成された予測未来値 $\tau$ は、予め定められた閾値と比較される。この比較の結果、新しいネットワーク接続を開始してハンドオフの前に新しいパケットルートを予め設定したり、あるいは、ハンドオフの前に必要な認証およびセキュリティ処理を前もって開始するなど、移動ノードが要求する動作がトリガされる。予測未来値 $\tau$ が移動ノードがビーコンパケットを受信している複数の基地局に関して計算された場合、次のサンプル周期に最も低い予測値 $\tau$ を持つ基地局にネットワーク接続を切り換えることにより、移動ノードのネットワーク接続を最適化することができる。

【0076】 本明細書においては、好ましいモビリティ予測方法がレイヤ3ネットワーク層のパケットレイテンシを予測すべき変数として説明したが、これらの予測方法をレイヤ2のネットワークリンク層のモビリティに関連する変数、例えば、信号対干渉比(SIR)、信号対雑音比(SNR)、およびパイロット信号強度などに要求された場合または必要な場合において適用可能であり、本願明細書に挙げたモビリティ予測方法によりこれらの変数の値を予測可能だということは、当業者にとって明らかであろう。

【0077】 以上の説明は、本発明の好ましい実施の形態である。前述の説明は一例であり、本来限定するものではない。本発明の新規性と有利な特徴を保ちながら、且つその精神から逸脱しない範囲において、様々な変更および追加が可能であることは、当業者も理解できよう。従って、本発明の範囲は正しく解釈された添付のクレームによってのみ定義される。

【0078】

【発明の効果】 以上説明したように、本発明によれば、ハンドオフの際のルートの迅速な事前確立およびパケットレイテンシの削減が可能になる。また、重複するセル環境において最良の基地局を選択することによりサービスの品質を最適化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明が動作するように意図されたネットワークであって、第3世代の無線の移動体アクセスのインターネットプロトコルベースのデータネットワークの図である。

【図2】 モバイルIPを用いた、第3世代の無線の移動体アクセスのインターネットプロトコルベースのデータネットワークにおける移動ノードのモビリティとネットワークアクセスポイントのハンドオフの簡略型図式表示である。

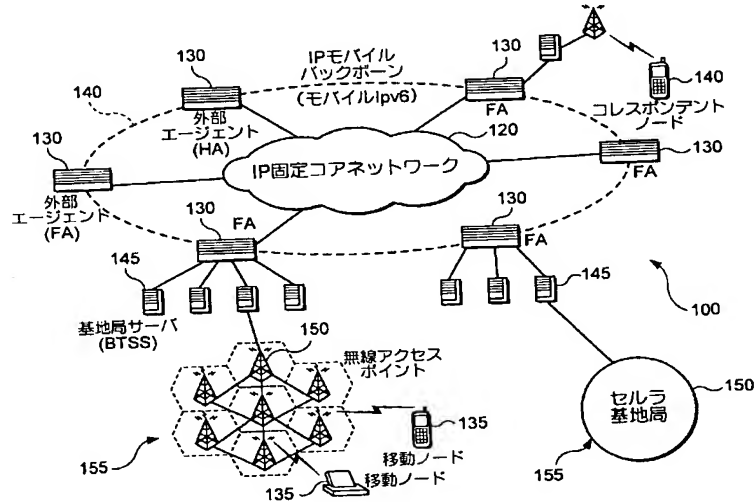
【図3】 第3世代の無線の移動体アクセスのインター



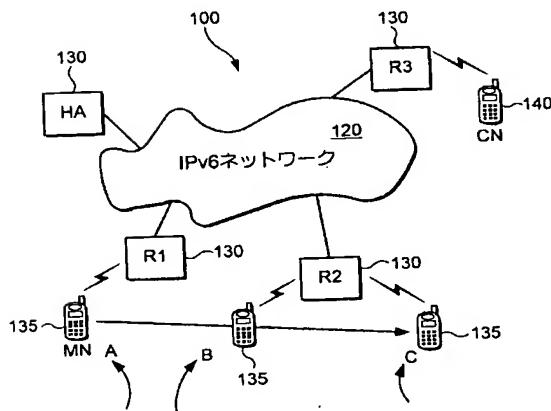
ネットプロトコルベースのデータネットワークにおける決定論的モビリティ予測方法の一形態の動作を示す機能図である。

【図4】 第3世代の無線の移動体アクセスのインターネットプロトコルベースのデータネットワークにおける統計的モビリティ予測方法の一形態の動作を示す機能図

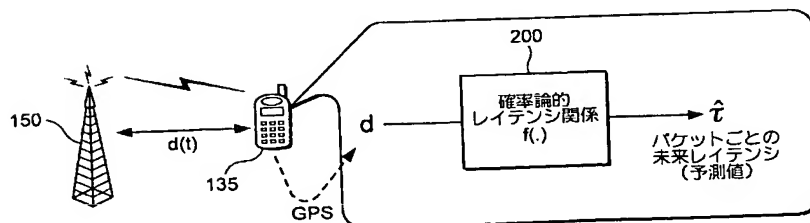
【図1】



【図2】



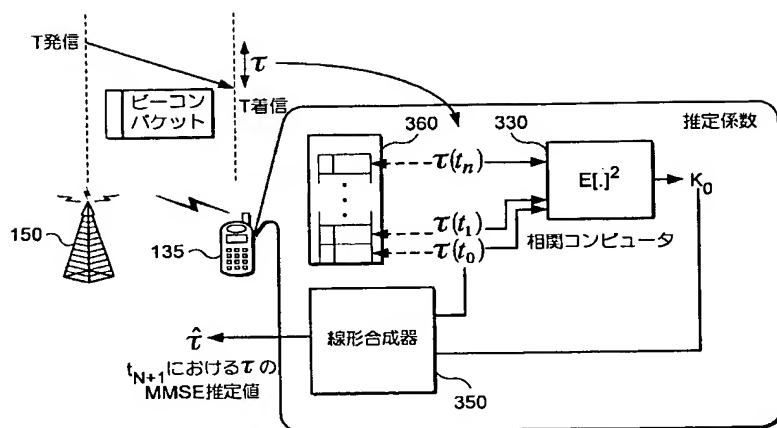
【図3】



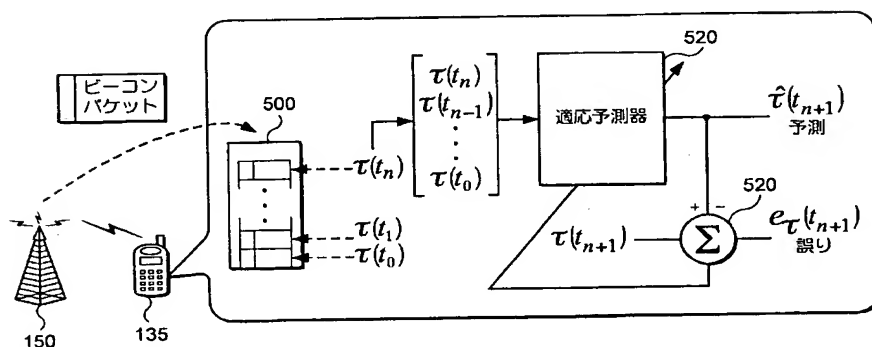
である。

【図5】 第3世代の無線の移動体アクセスのインターネットプロトコルベースのデータネットワークにおける、適応的モビリティ予測方法の一形態の動作を示す機能図である。

【図4】



【図5】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5K030 GA02 HA08 HC09 JT09 KA05  
 LB08 MA06 MB06 MB07  
 5K033 AA01 CB09 DA19 EC03  
 5K051 AA02 CC01 HH27  
 5K067 AA21 BB04 BB21 CC02 CC04  
 CC08 CC10 DD11 DD51 EE02  
 EE10 EE16 EE23 FF02 GG03  
 GG06 HH11 HH22 JJ11 JJ21  
 JJ31 JJ71

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-335553

(43)Date of publication of application : 22.11.2002

---

(51)Int.Cl. H04Q 7/34

H04L 12/46

H04L 12/56

H04M 3/00

H04Q 7/20

---

(21)Application number : 2002-019076 (71)Applicant : DOCOMO

COMMUNICATIONS LABORATORIES USA INC

(22)Date of filing : 28.01.2002 (72)Inventor : GWON YOUNGJUNE L

---

(30)Priority

Priority number : 2001 770544

Priority date : 26.01.2001

Priority country : US

---

(54) METHOD OF MOBILITY PREDICTION IN WIRELESS MOBILE ACCESS  
DIGITAL NETWORK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce packet latency and packet jitter caused by the mobility of a mobile node in the Internet protocol network.

SOLUTION: Conventional mobile IP mobility detection is replaced with deterministic, stochastic, and/or adaptive methods to predict the mobility of a

mobile node in the network using network logic layer (layer 3) packet latency characteristics. The method is useful to provide pre-notification that a communication hand-off condition is imminent to enable fast route pre-establishment and reduced packet latency, and for optimizing quality of service by facilitating selection of best base station in overlapping cell environments, among other applications.

---

LEGAL STATUS [Date of request for examination] 28.01.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3764902

[Date of registration] 03.02.2006

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The approach which is the approach of predicting the mobility of a migration node relatively [ nodes / in the digital network of mobile access of wireless / one or more / fixed ], and is characterized by to provide the step which acquires two or more samples of the 1st physical parameter which has a value relevant to the mobility of said migration node, and the step which processes said two or more samples statistically, and generates the prediction future value of said parameter.

[Claim 2] It is the approach which is an approach according to claim 1 and is characterized by said 1st physical parameter being a packet latency.

[Claim 3] The step which is an approach according to claim 1 and acquires said two or more samples is an approach characterized by acquiring said two or more samples from two or more samples of the physical parameter with which the 2nd is related deterministically.

[Claim 4] It is the approach which it is an approach according to claim 3, and said 1st physical parameter is a packet latency, and is characterized by said 2nd physical parameter being the distance from a transmitter to a receiver.

[Claim 5] The step which is an approach according to claim 1 and acquires said two or more samples is an approach characterized by measuring said sample.

[Claim 6] It is the approach which is an approach according to claim 1 and is characterized by said 1st physical parameter being a packet latency.

[Claim 7] Are an approach according to claim 6 and a time stamp is given to a packet. Said packet is transmitted to one of said migration node to said the fixed nodes. Said packet is broadcast again from said fixed node to said migration node. The approach characterized by measuring said packet latency by recording the time of day of arrival of said packet in said migration node, and calculating the one-way latency of the packet from said fixed node to said migration node from the value of said time stamp, and the value of said arrival time.

[Claim 8] It is the approach characterized by being an approach according to



claim 1 and said step processed statistically applying the minimum mean square algorithm.

[Claim 9] It is the approach characterized by being an approach according to claim 8 and said step processed statistically applying the algorithm which makes a mean square error the minimum.

[Claim 10] It is the approach which is an approach according to claim 1 and is characterized by said 1st physical parameter being statistical processing.

[Claim 11] It is the approach characterized by being an approach according to claim 10 and said step processed statistically including statistical prediction processing.

[Claim 12] It is the approach characterized by to be an approach according to claim 11, and for said statistical prediction processing to input said presumed multiplier and two or more of said sampled values into a linearity composition machine as the step which inputs said two or more sampled values of said 1st physical parameter into a correlation computer, and generates a presumed multiplier, and to possess the step which generates the forecast by the minimum mean squared error of said 1st physical parameter in future time of day.

[Claim 13] It is the approach characterized by being an approach according to claim 1 and said step processed statistically including accommodative prediction processing.

[Claim 14] It is an approach according to claim 13. Said accommodative prediction processing Said two or more sampled values of said 1st physical parameter are inputted into an accommodative prediction machine. The step which generates the forecast of said 1st physical parameter in the time of day when the future was chosen, The step which acquires the actual value of said 1st physical parameter in said selected time of day, The approach characterized by providing the step which adjusts the forecast of said 1st physical parameter in the step which compares said forecast and said actual value and generates a value with error, and the time of day when the value of said error was fed back to said accommodative prediction machine at, and the degree of the future was chosen.

[Claim 15] It is the approach which it is an approach according to claim 14, and said two or more sampled values are repetitively inputted into said accommodative prediction machine, and is characterized by said accommodative prediction machine predicting repetitively two or more values of said 1st physical parameter in the time of day when the plurality which the future followed was chosen.

[Claim 16] It is the approach characterized by being an approach according to claim 13 and said accommodative prediction machine containing the algorithm which makes min a minimum square square algorithm and a mean square error.

[Claim 17] or [ the step in comparison with the threshold which is an approach according to claim 1 and was able to define said prediction future value beforehand, and / that said prediction future value reaches said threshold ] -- or the approach characterized by including the step which starts the actuation demanded when it exceeded.

[Claim 18] It is the approach characterized by being an approach according to claim 1 and choosing said 1st physical parameter from the group containing a signal pair interference ratio, a signal-to-noise ratio, and pilot signal strength.

[Claim 19] It is the approach which it is an approach according to claim 1, said 1st physical parameter is a packet latency, and the future value of a packet latency is predicted about each of two or more fixed nodes which can be set to a network, and is characterized by establishing network connection between said migration node and said fixed node showing the minimum forecast of a packet latency.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Generally this invention relates to the generation's specifically exceeding the third generation and its data network-KU and wireless LAN of mobile access of wireless of the Internet Protocol base about the communication link of the digital data in a digital data network. This invention still more specifically relates to the approach of predicting the mobility of the migration node device in such a network.

[0002]

[Description of the Prior Art] The digital data network has permeated business, commerce, and an individual life not only the United States of America but all over the world. The public Internet, a private local, and a broader-based area network (LAN and WAN) are becoming the important backbone of data communication and transmission quickly. Although there are many data transmission services and applications which are offered in such a network, an electronic mail, access to a file and common use, access, common use to service, etc. are the example. Recent years, Voice over The data communication application of the next generation, such as IP (VoIP) and interactive multimedia of real time, has also appeared.

[0003] Generally the digital data network consisted of two or more "fixed" nodes and nodes comparatively till recently. It is fixed to a predetermined location and, originally two or more nodes or a network node is not movable in a fixed node

network. This has a desktop general-purpose as not the semantics that carrying of the electron device linked to such a network itself is impossible but a common device for network access, a laptop personal computer, various servers, etc., and PIM (Personal Information Manager), PIA (Personal Information Assistants), etc. are mentioned as an electron device specialized more, for example. However, since it connects with a network in the location which had these devices fixed, while transmitting data through a network, a device is unmovable in a fixed node network. A fixed node digital data network transmits and carries out routing of the data among two or more network nodes using a well-known protocol. Although the 7 hierarchy OSI (Open Systems Interconnection) model and four hierarchies' U.S. Department of Defense ARPANet (Advanced Research Projects Agency: ARPANET) model which are the forerunner of the present-day Internet are common knowledge, these define the network protocol of a typical multilayer. For example, the OSI model has specified the hierarchy of a plain protocol and these hierarchies have the network layer (layer 3) which defined the data link layer (layer 2) which defined the physical layer (layer 1) which defined the specification of the physical hardware of a low, and connection, a data link setup, and a format, network addressing, and routing, the transport layer (layer 4) which defined the data transport regulation. The ARPANET protocol unites modem Internet Protocol with OSI fundamentally.

[0004] The same addressing and the same routing protocol are substantially followed with the Internet and the thing of the digital network connected to the Internet as which all were almost specified by the network layer (layer 3). In these protocols, each network node has the address of the meaning called IP (Internet Protocol) address. In order to transmit digital data between networks through a network, a transmitting side, i.e., a source node, subdivides the data to transmit in two or more "packets." other information which the IP address of a source node and each target destination node and protocol other than transmit data specified is included in these packets. According to the factor of the amount of the data transmitted, or other common knowledge, it may be necessary to generate two or more packets and to transmit only for transmitting data. A source node transmits each packet separately and each packet is transmitted to this contractor specified to a protocol via a network junction node from a source node by the well-known "routing" approach to a destination node. Please refer to the Internet Protocol version 6 specified as RFC2460 of IETF. In addition, this reference is applied to this application specification as reference. Each of the packet of these plurality does not need to follow the root same to a destination node, and does not need to reach a destination node at coincidence. This is because a sequence indicator is given to each packet in process of packet generation. Since a destination node can reconfigure a packet in order of

origin using this sequence indicator even when a packet reaches non-coincidence in different sequence from original sequence, it becomes possible to reconfigure the original data from the transmitted packet.

[0005] In data communication processing, it is necessary to perform fixed consideration to time amount in this approach. Although a large number [ the reason which needs this time consideration ], arrival delay (latency) of a packet, the delay (packet jitter) which reconstruction of a packet produces owing to are that example. For example, since the problem occurred in the junction node, the case where the transmitting root pinpointed or chosen is interrupted and arrival of a packet is overdue can be considered. In such a case, rerouting is performed, delay arises as a result, or after waiting for solution of the problem in a junction node, in order that transmission may continue, the further delay will arise as a result. In a destination node, the overhead of a constant rate arises on the occasion of the processing for reconfiguring a packet in order of origin. For example, also when a destination node is under a heavy burden processing load according to other factors, and this overhead increases fairly, it thinks [ when a certain specific data transmission takes many packets, or ]. Moreover, also when a packet is lost on the root and never reaches the target receiving node, it can think.

[0006] Nevertheless, current approach is functioning comparatively well in the



fixed node network of the data communication application which is not comparatively influenced by the time element. For example, current approach functions comparatively well in the case of electronic mail transmission or a file transfer. Since it is not the interactive application of real time data communication [ like electronic mail transmission or a file transfer ] this [ whose ] is, not being influenced by especially factors, such as a latency and a packet jitter, is a cause. Moreover, in current fixed node Internet Protocol, even when packet loss occurs, since retransmission of message of a packet is possible, an unsolvable problem is not produced if needed.

[0007] However, the approach by current fixed node Internet Protocol is faced with an essential technical problem because interactive data communication of real time like the interactive multimedia of VoIP or real time appeared. Unlike an electronic mail or a file transfer, the application of such interactive data communication of real time tends [ quite ] to be influenced by time elements, such as a packet latency between termination, and a packet jitter.

[0008] For example, VoIP offers the voice communication between interactive termination of real time through IP digital data network using the signal system and control protocol of a standard telephone. a sound signal is changed into a digital format in VoIP -- having -- a packet -- it is-izing and transmitted and routing of the IP network top is carried out to a destination node from a source

node using the protocol of the Internet currently generally used. In an arrival place, a packet is assembled again, a sound signal is reconfigured and voice is reproduced. These signal processing, transmission, and routing are performed by real time. Therefore, generating of packet delay generates the time difference of the time amount about which one person concerned with conversation speaks, and the time amount which a person concerned with another side of conversation hears that it is. [ which the speaker said ] Neither the delay beyond a threshold nor the delay like it becoming impossible to hold conversation which does not have derangement substantially is accepted. It is actually proved by the latency by which the one direction packet latency in the range from 0 mses to about 300 mses exceeds 300 mses while the communication link quality of "good" is acquired from "A" that only a "defect" or "improper" quality is acquired.

[0009] Moreover, if packet loss occurs during transmission, it will have a bad influence on the quality of a VoIP communication link. When the packetized voice which consists of the digitized voice data exceeding 60 mses is lost, it is proved that voice becomes not clear. It is [ which are lost while a packet transmits / many ] reasonable, such as a problem of routing. Since VoIP is the interactive data communication of real time, the current Internet Protocol which can be broadcast again will also be almost meaningless in this case.

[0010] A packet jitter also has remarkable effect on the quality of a VoIP communication link. When a packet jitter arises, it becomes impossible to reconfigure all packets in VoIP in the time limit required to satisfy the requirements for a latency permissible at worst. Consequently, since some packets are lost on the occasion of reassembly processing (i.e., since a part of voice data is missing), voice quality deteriorates. In order to maintain the voice quality of tolerance, generally it is judged that arrival spacing of a packetized voice must be restricted within the limits of 40 - 60 ms. If it is this within the limits, it is possible by using buffering of data to solve a jitter problem, without having substantial effect on the overall quality of voice communication.

[0011] intra -- the number of the interactive multimedia data communication applications of real time which tend [ very ] to be influenced by network processing delay, transmitting delay, and routing delay is increasing, and VoIP is only the example. For example, consideration with the same said of the same application accompanied by the interactive video and/or the audio of real time is needed.

[0012] In addition, it is impossible for addressing and the routing technique in a digital data network of mobile access of the wireless proposed in recent years to change dynamically, and to deal with this change in addressing, the current routing protocol, and current approach of the Internet for fixed node data

networks. Although International Telecommunications Union (ITU:International Telecommunication Union) Internet Society was the engine of the official recognition about the data network standard of a worldwide scale, it published the IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) standard in recent years. these standards -- the so-called third generation (3G) -- extensive mobile access by the migration node device of wireless, such as a cellular phone, PDA (Personal Digital Assistants), and a pocket mold computer, in the data (namely, 3.5G, 4G grade) network of the generation further exceeding it is proposed (refer to <http://www.itu.int>). Unlike the cellular telephone network of mobile access of the wireless of a common type, the network of this proposed third generation and the generation exceeding it is based perfect on IP. That is, data are altogether transmitted by the digital format from termination to termination through addressing and the routing protocol of the standard Internet. Furthermore, in the mobile access network of a generation's wireless by which differing from the present fixed node network exceeds the proposed third generation and it, the migration node of wireless is the point which can move freely in the inside of a network, while connection with a network is maintained and being engaged in other immobilization or data communication with a migration network node. The need that such a network is equipped with the function which carries out dynamic rerouting of the data packet between the

nodes under communication link especially comes out. Since current addressing and the current routing protocol of the Internet, and the scheme are based on a fixed IP address and fixed node relation, it does not have such a function. Similarly, the protocol of the Internet of a current fixed node is inadequate for using it by wireless LAN.

[0013] The standard was proposed in order to cope with a technical problem called mobile IP addressing and dynamic routing which are raised in the mobile access network and wireless LAN of wireless of the generation exceeding the third generation and it. For example, although Internet Engineering Task Force (it calls IETF:InternetEngineering Task Force and Following IETF) is the network designer who gets interested in smooth management of evolution of the Internet architecture, and the Internet, an entrepreneur, a vendor, and a researcher's international community, it has proposed some standards for coping with IP addressing and dynamic rerouting in such a mobile access network (refer to <http://www.ietf.org>). The standard of an IP mobility support like RFC2002 (called the mobile IP version 4) of IETF, the draft activity document named "a mobility support in IPv6" "draft-ietf-mobileip-ipv6-12" (called the mobile IP version 6), etc. are contained in the these-proposed standard. The mobile IP standard proposed tackles addressing of the current Internet, the protocol of routing, and the fault of a scheme, and supports network access and data communication by the

migration node device of wireless. However, these standards are not necessarily coping with the problem of transmit timing like the latency between termination, or a packet jitter, and delay fatally for the interactive data communication application of real time like VoIP. To be sure, the packet latency and the jitter have been an important technical problem for the mobile access network of the third generation proposed compared with IP network of a fixed node. As a key factor of delay, when a migration node changes a location in a network, in case "the hand off (personal delivery)" of the network connection of a migration node is carried out to another access node from a certain access node, the time amount of required attached processing and an overhead is mentioned. In hand off processing, it divides, the communication link with a new access node is set up, a migration node is registered and attested, the location registration in a network is updated, the problem and requirements for authentication or security are coped with, and it processes setting up the new data root of a migration node and the correspondence node which is a communicative other party node etc. By addition delay which these indispensable processings produce owing to, the quality of data communication, especially the interactive data communication of real time may deteriorate remarkably, and cutting of a circuit may also take place.

[0014] In addition to evolution of a mobile network access technique, when the user of the migration transmitter-receiver of a cellular communication network or

other wireless devices uses the interactive data communication application of VoIP or other real time, and service by evolution of wireless data transmission technology, such as CDMA (Code Division Multiple Access) and a W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) technique, the data traffic processing facility of required bandwidth newly came to be offered. However, such advanced communication technology is not necessarily coping with the problem of a packet transmitting latency and a jitter, either. In order to realize interactive data communication application of VoIP or other real time, and service in the network of the mobile access IP base of the wireless of the generation who generates these problems in a network layer and exceeds the third generation and it which are proposed, solution of this problem is indispensable.

[0015] There is a problem of the quality of service as the 2nd problem with which the mobile access data network of wireless is faced. It is necessary to cope with problems, such as a low signal quality, too much error correction, and packet delay produced as a result. Such a problem is generated when the data node in the network which for example, a migration node uses is not the optimal.

[0016] Efforts to cope with the problem of the packet transmitting delay in IP network of mobile access generated because a network node moves are advanced. There are some which have proposed developing the mobile IP standard proposed and making routing of a packet optimize in a current IETF



proposal. This avoids "tunneling" of the packet which set up the direct root between a migration node and a correspondence node, and minded the home "agent" router of a migration node (see the "draft-ietf-mobileip-optim-09.txt" of a title called [www.ietf.org/internet-drafts](http://www.ietf.org/internet-drafts) "root optimization of a mobile IP"). This was proposed as a cure on the problem of the asynchronous latency of the common knowledge produced from "triangular routing" of the packet between a migration node and a correspondence node under the mobile IP standard proposed. However, anyway, since this proposal coped with the problem of the latency in the condition of it having been dependent on whether the mobility of a migration node being detected, and having been stabilized, there is a defect partially. That is, the direct root of the data communication which the current proposal assumes is set up, after mobility is detected and the hand off of the communication link between a migration node and a correspondence node is carried out to another adjacent node from an adjacent node. Thus, this proposal is not a thing coping with the remarkable delay generated during processing of the hand off processing [ itself ], or immediately after processing. You may say that the delay relevant to this hand off processing is a problem of the utmost importance about the interactive data communication of real time like VoIP. Moreover, nothing is coping with it also about the problem of the quality of service.

[0017] Moreover, by the proposal which the sault and gala under research performed, the direction and location of a migration node are judged relatively [ nodes / other / migration ] in UCLA in the data network of "atypical" routing where it moves completely using prediction mobility analysis. By this proposal, the passing speed and the direction of various migration nodes are judged using a GPS (Global Position Satellite) technique, and before a hand off is needed, an adjacent node predicts the time amount which can maintain a communication link. However, this proposal does not show the suitable solution for the problem of packet delay that the mobile access network of the wireless of the generation exceeding the third generation and it is faced. Although there are many reasons in it, I hear that cost is exorbitantly high to one, and there is in it. Moreover, since the mathematics count with a complicated huge amount is required, it is actually impossible to perform this proposal in the current migration node device with which only the processing and the calculation function which were restricted comparatively are equipped. Moreover, no measures for the problem of the quality of service of this proposal are shown in the serious thing.

[0018]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] First, the approach of reducing the packet latencies and jitters which are generated when a migration node changes a network access point during data communication in the network of the protocol

of the Internet of mobile access of the wireless of the generation exceeding the third generation and it is searched for.

[0019] Next, the approach a migration node optimizes the quality of the communication service of a migration node for two or more network access points when available is also required. In addition, in the migration node device only with the processing and the calculation function which were restricted comparatively, the reduction approach of of the packet latency and jitter which can be performed, and the approach of enabling optimization of communication service are needed. Moreover, not only the mobile access network of the wireless by which the current proposal is made but approach applicable to wireless LAN and the digital data network of mobile access of other wireless is required.

[0020]

[Means for Solving the Problem] This invention offers the approach of predicting the mobility of a migration node in the mobile access digital data network of the wireless of the generation exceeding the third generation and it, in order to attain the above-mentioned purpose.

[0021] In the whole surface, this invention predicts the mobility of the migration node device in a network using the control packet latency data generated in the network layer (layer 3) of Internet Protocol with the relative relation between one

or more fixed adjacent nodes or an access point.

[0022] In another side face, this invention predicts the mobility of a migration node using a decision theoretic approach, statistical approach, and/or accommodative approach. The implant is easily possible for this approach to a migration node device only with the limited processing and the limited calculation function.

[0023] Furthermore, in another side face, this invention predicts the mobility of the migration node in a network using the variable of the network link layer (layer 2) relevant to mobility, such as a signal pair interference ratio (SIR:Signal to Interference Ratio), a signal-to-noise ratio (SNR:Signal to Noise Ratio), or pilot signal strength.

[0024] By adopting the above-mentioned approach concerning this invention, a migration node can perform an advanced judgment about it is necessary when to carry out the hand off of the network access of self-equipment to another node from a certain node. Thereby, as a result, it becomes possible to set up the new data root beforehand between a migration node and its correspondence node, and it becomes possible to reduce the packet latencies and packet jitters which are produced from hand off processing. Moreover, the approach concerning this invention raises the quality of a communication link of a migration node remarkably by offering the basis which chooses the optimal access point, when

connectable with two or more network access points. Much other applications in the digital data network of mobile access of the wireless of the generation exceeding the third generation and it should receive the benefit from the application of this invention.

[0025]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of the current best operation is explained referring to a drawing. The same reference mark is given to the same component in this drawing. In essential semantics, it does not pass over explanation of the gestalt of the best operation included in this application specification to mere instantiation, and it does not limit the range of this invention.

[0026] Drawing 1 is an example of IP data network 100 of mobile access of the wireless of the third generation, and in this network 100, it has the intention of it so that this invention may be applied. For the purpose of this specification, the data network 100 shall follow an IMT-2000 standard and the specification of ITU about the mobile access network of wireless. Moreover, the data network 100 shall perform a mobile IP support according to mobile IP version 4 or mobile IP version 6 standard of IETF proposed. These standards and specifications are opened to the homepage of ITU and IETF, and are used as reference in this application specification.

[0027] The core of IP data network 100 of mobile access of wireless is equipped

with the fixed node IP data network 120 which has the securing point of the fixed node which a large number do not illustrate, i.e., connection, and a link. Core network 120 the very thing is a thing from the former. Digital data is transmitted across the inside of a network, or a network according to the protocol of the Internet of a common type by common knowledge of the Internet Protocol version 6 specified to RFC2460 of IETF. In addition, RFC2460 of IETF is used for this application specification as reference. The router (not shown) from the former is in the node of the core network 120, and these routers function as a junction node according to the protocol of a certain Internet addressing and routing from the former, and carry out routing of the data packet between the source node connected to the network, and a destination node.

[0028] Two or more server / routers 130 are prepared on the core network 120, these gather and it constitutes the IP mobile backbone 140. Two or more a server / router 130 each which constitutes IP mobile backbone is the nodes of the core network 120 in itself, and interconnects through the core network 120. A server / router 130 functions as a home agent (HA:Home Agent) and an external agent (FA:Foreign Agent), and carries out the interface of the migration node 135 and the migration correspondence node 140 to the core network 120 as specified to RFC2002 ("mobile IP version 4") of IETF. In addition, RFC2002 of this IETF is used as reference in this application specification. Migration nodes

are mobile radio communication link devices of a class with which the number of arbitration differs, such as a cellular transmitter-receiver, a cellular phone, a pocket mold computer, PIM, and a wireless data terminal.

[0029] The home network is assigned to each migration nodes 135 and 140 according to RFC2002. Moreover, each of the migration nodes 135 and 140 has the home agent who is a router on the home network of a migration node. The home network of a migration node is a node with the network 120 at the time of the migration node operating in the home network area of a self-opportunity. The home agent of a migration node also has the function which carries out routing of the packet which a migration node transmits and receives, when the migration node is operating in the home network area of a self-opportunity. Moreover, according to the mobile IP support standard proposed, the home agent of a migration node holds the currency information of a migration node, when a migration node separates from home network area and is operating, and he is succeedingly engaged also in routing of the packet to the migration node located outside. This point is specified in mobile IP version 4 standard of the base proposed at least.

[0030] Two or more of other routers which constitute the mobile IP backbone 140 function as an external agent. An external agent offers the network access point at the time of the migration node 135 separating from the home network

area of a self-opportunity, and operating. When the migration node is connected to the network in predetermined time of day and a predetermined location through a certain external agent, this external agent does routing of the packet which the migration node 135 transmits and receives.

[0031] Each node in a network 120 has the IP address of a meaning like the case of the data network of the Internet Protocol base of the fixed node of a common type. Similarly, each agent/router which constitutes the mobile IP backbone 140 also have the IP address of a meaning, and its same is said of each migration nodes and those correspondence nodes.

[0032] The migration nodes 135 and 140 communicate with an agent 130 through the base station server (BTSS) 145 and a base station (BTS) 150. Network connection of the one agent 130 may be carried out to two or more base station servers 145. Each base station server 145 is a network node, and has the IP address of a meaning like other network nodes of arbitration. Each base station server 145 holds the subnetwork 155 of a base station 150, and functions as an interface between a subnetwork 155 and the data network 100. The migration nodes 135 and 140 and a base station communicate mutually using CDMA, well-known W-CDMA, or the same well-known digital data communication technology.

[0033] The configuration, arrangement, and the function of the base station



server 145 and the subnetwork 155 of a base station are a common type, and a criterion. Similarly, the activation approach of the digital data communication link between CDMA in the migration node device 135 and base station of wireless, W-CDMA or the same activation approach of digital data communication technology, the migration node device 135 of wireless, and a base station is also a criterion. Therefore, since the detailed explanation about these is unnecessary for an understanding of this invention, it is omitted here.

[0034] In the data network 100 whole, 3 level of mobility of a migration node is assumed. Macro mobility shows location change of a migration node which goes into the area in which a migration node leaves its home area and home agent, and is held by another agent. In other words, it moves to another agent from an agent with the link with a data network or connection of a migration node. Macro mobility includes migration between a home agent and an external agent or between external agents. Middle mobility shows change of the location of the migration node at the time of shifting to another base station server from a base station server with a link with a network. For example, modification of the location of the migration node of a case so that it may move to another base station subnetwork 155 from the base station subnetwork 155 with a migration node can be considered. Moreover, micro mobility shows change of the location of the migration node within the base station subnetwork 155. In this case, the

network link of a migration node does not change.

[0035] The processing in the case of middle mobility and micro mobility is common knowledge in the cellular communication network of wireless. For example, when the migration node device 135 changes a location on a scale of micro mobility, it is common knowledge that the detection and processing of a communication link hand off between base stations are performed using the reinforcement of a beacon signal. Similarly, the detection and processing of a communication link hand off between the base station servers at the time of the migration node 135 changing a location across the boundary of a base station subnetwork are also a criterion. In both case, since the detailed explanation about these is unnecessary for an understanding of this invention, it is omitted here.

[0036] In the implications of this operation gestalt, a migration node moves a location in a network and, in the case of macro mobility level which changes a network link into other agents from a certain agent, this invention is applied. However, in another implications, this invention is applied also to migration on micro mobility level in relation with wireless LAN. Drawing 2 is the simple mold pictorial display of the macro mobility of a migration node, and hand off processing in the mobile access data network of the wireless of the third generation, and has materialized the mobility support of the mobile IP version 6.

In the case of the mobile IP version 6 as which it is proposed in RFC2002 of IETF in the case of the mobile IP version 4 as which the network connection hand off processing between the agents who arise from the macro mobility of a migration node is proposed, in this example, it is specified in "draft-ietf-mobileip-ipv6-12.txt" which can be referred to by "www.ietf.org/internet-drafts."

[0037] The migration node (MN) 135 starts this processing from the condition of being located in the start point A of a network 100. In this location, the migration node 135 is during the correspondence node (CN) 140 and data communication. You may be a fixed node although this correspondence node (CN) 140 is another migration node device in this example. While the migration node 135 is in a start point A, data communication between the migration node 135 and the correspondence node 140 is performed through the core network 120 and the local routers R1 and R3 which provide nodes 135 and 140 with network connection. Preferably, the migration node 135 and the correspondence node 140 are good to use CDMA, W-CDMA, or the broadband spectrum diffusion technique of the same wireless, in case it communicates with local routers R1 and R3 respectively, for example, to communicate through a base station and a base station server (not shown). In the example of illustration, from the home area and the home area router (HA) of a self-opportunity, the migration node 135

already separates, is operating and is connected to a network through a local router R1. However, the start point A of the migration node 135 is in the home area of a self-opportunity, and the situation is the same, even when it connects with a network node through the home area router (HA) 130, it communicates with the correspondence node 140 and it moves to another location from the home area of a self-opportunity.

[0038] Since this example is the network which performs the mobile IP version 6, a home area router (HA) and a local router (R1, R2) need to care about not being called a home agent and an external agent like [ in the case of the mobile IP version 4 ]. This detailed reason is explained to RFC2002 of a mobile IP version 6 draft IETF document and IETF. In addition, these reference was already introduced and was applied as reference of this application specification. However, if it goes into the area which offers the which mobility detection with the same said of a version and a which hand off function, separates from the area in which a migration node is held by the 1st router or agent, and is held by the 2nd router or agent, the mobility of the migration node 135 will be detected through a contiguity system discovery mechanism, and the hand off of the network connection of a migration node will be carried out to the 2nd router or agent from the 1st router or agent. This function is the same even when the 1st router is the home network router or external router of a migration node. Similarly,

this function is the same even when the 2nd router is the home network router or external router of a migration node. Also in which version, hand off processings are the main causes of a packet latency, and affect the quality of the interactive data communication of the real time between a migration node and a correspondence node. Thus, although the example of illustration is explained by relation with the mobile IP version 6, the point which should be functioned and taken into consideration that it is the same also in the case of the mobile IP version 4 exists.

[0039] If the migration node (MN) 135 moves to Midpoint B from a start point A, many of the migration will be detected by one or more approaches among the approaches of the existing common knowledge. Usually, migration is detected in the MAC (Media Access Control) section of the network link layer (layer 2) of a migration node. Although the specific activation approach is various, the approach of using the Down/Testing/Up interface status is common knowledge. This approach is explained to RFC1573 of IETF, and is used as reference in this application specification. Detection of the reinforcement of a beacon signal is used in the option. Moreover, there is also a method of evaluating the quality of the signal received by the migration node 135. Since the detailed explanation about these is unnecessary for an understanding of this invention, it is omitted here.

[0040] Instead it may be alike or the contiguity system discovery (Neighbor Discovery) technique specified to RFC2461 of IETF may be additionally used for the migration node (MN) 135. RFC2461 of IETF is used as reference in this application specification. Moreover, in the mobile IP version 6 draft document (section 10.4) already applied as reference of this application specification, the migration nodes of the mobile IP version 6 are recommended. In this technique, the detection (Neighbor Unreachability Detection) for which the so-called contiguity system attainment is improper is used for the migration node 135. TCP acknowledge of the data packet transmitted to the local router R1 of a self-opportunity is detected. \*\* And/ Or according to the contiguity system claim (Neighbor Solicitation) message from other migration node devices in \*\* area, a contiguity system advertising (Neighbor Advertisement) message is received from a local router R1. And the router advertising (Router Advertisement) message transmitted spontaneously is received from/or the \*\* local router R1, without being asked. If TCP acknowledge is received, the network connection of the mobile node which went via the local router R1 means that it is still possible. Reception of a contiguity system advertisement and/or a router ad message means that other local routers which can provide a migration node with network connection exist.

[0041] At a certain time, the network connection through a local router R1 begins

to deteriorate as the migration node 135 arrives at the mid-position B and it continues moving towards a location C. This degradation is detected based on loss of loss of signal strength, deterioration of a signal quality, and/or TCP acknowledge, or detection of the existence of other local routers, as already explained. Usually, by internal programming of a migration node device, once it reaches the threshold set up beforehand, the migration node 135 specifies a new local router, and is programmed to replace the inferior network connection which set up the new network connection through the router, and minded the local router R1.

[0042] The migration node 135 may specify an available local router using the contiguity system discovery methodology currently explained in the mobile IP version 6 draft document (section 10.4) of RFC2461 and IETF. Thus, the migration node 135 can wait to receive the multicast router ad message transmitted spontaneously, without judging whether a router solicited message is broadcast and there is any available local router, or being asked from an available router. You may make it the migration machine 135 broadcast a router solicited message in the example of illustration. A local router R2 will answer the migration machine node 135 directly by the router ad message, if this message is received. Or the migration node 135 is also good to receive the router ad message transmitted spontaneously, without being asked from the new local

router R2. Also in which approach, a migration node will specify the new local router R2 which serves as a partner of new network connection.

[0043] If the new local router R2 is specified, the migration node 135 will carry out the hand off of the network connection to the new local router R2 from the first router R1 by registering the new router R2 and canceling registration of the first router R1. As a part of this registration/registration cancellation processing, a migration node or the new router R2 is transmitted to renewal of binding, i.e., the correspondence node with which the home router of a migration node and the migration node are communicating a new "restorative" IP address. Thereby, routing of the packet comes to be carried out from a migration node to a migration node through the new router R2 instead of the first router R1. moreover, migration node authentication and security processing -- performing -- the migration node 135 -- the fact -- a just thing is checked and problems, such as tapping, an active replay attack and an attack of other type, and unlawful access to secret data, are avoided. Security and the cure against authentication are explained to the mobile IP version 6 draft document of IETF, and are used as reference in this application specification. Other security and cures against authentication are explained to RFC 2401, 2402, and 2406 of IETF, and it is similarly used as reference in this application specification. The authentication and security processing which are related [ which are related and



hand-off-process ] are explained to the detail in the IETF mobile IP standard document (finishing [ use ] as existing appearance and reference) proposed in other RFC indicated in RFC2462 (it uses for this application specification as reference) of IETF, and this paragraph. Since the detailed explanation about these is unnecessary for an understanding of this invention, it is omitted here. However, probably, it will be clear for this contractor that require time amount considerably for performing hand off processing currently assumed, a packet latency and a jitter especially increase owing to asynchronous triangular routing, and the probability of packet loss increases by mistake routing. Moreover, probably, it will be clear for this contractor its not to cope with the technical problem about selection of the optimal connection, either, since the proposed mobile IP support of IETF and the standard of relation have not proposed how the migration node 135 chooses new network connection in case two or more available connection nodes exist.

[0044] This invention copes with especially the technical problem of both a packet latency and the optimal network connection by offering the approach of predicting the mobility of a migration node. Preferably, the approach concerning this invention is replaced with the current approach about mobility detection of the mobile IP standard proposed. It can judge in advance when the hand off of network connection is required for the migration node 135 using the approach of

this invention. While a migration node holds the first router or network connection with an agent using this information, new network connection can be set up in advance with a new router or an agent, and the new packet root with the correspondence node of a communications partner can be set up in advance. Only when new connection and the root are established, the migration node 135 cuts the first router or network connection with an agent. With this approach, the packet delay and loss from which a hand off happens owing to decrease remarkably. By moreover using these desirable prediction approaches, a migration node can choose the node which optimizes network connection from two or more available connection nodes, and the quality of network communication is optimized. The information offered by these desirable prediction approach may be used in other implications for other purpose not only these examples but like wireless LAN.

[0045] Although the gestalt of the best operation in the network example of the third generation has been explained, in this gestalt, mobility prediction analysis is periodically performed about the variable or the description relevant to mobility of a migration node. Preferably, mobility prediction analysis is good for two or more processor equipments of the migration machine 135 to perform according to the program memorized in the migration node 135. The processor equipment of this stored program system is common knowledge. However, the processor

equipment of the local base station server of a migration node performs this mobility detection according to that storage program, and you may make it transmit a detection result to a migration node instead like the data of other network arbitration. In this operation gestalt, mobility prediction analysis is performed once [ about ] at 1 second.

[0046] Preferably, a threshold can be judged by mobility prediction analysis. This threshold is chosen as a value which shows that processing as which the migration node was required should be performed, when a migration node fully moves in relativity with a fixed base station or other nodes. For example, a migration node puts new network connection into operation, and before an actual hand off is needed, you may make it set up the new packet root with a migration node, when the threshold as which the forecast of the variable relevant to mobility was chosen is exceeded. Instead it can be alike or mobility prediction analysis can be additionally used as a trigger of the new network connection selection for optimizing the quality of connection of the trigger of authentication and hand off pretreatment of security countermeasures, the trigger of pretreatment about other side faces of the hand off processing [ itself ], or a migration node, and/or a communication link. It depends for the specific selected threshold on the processing and the specific network property which were required as specific processing or performing, and various optimization factors.

[0047] Mobility prediction analysis may be performed about the variable relevant to the mobility of a layer 3 in logic addressing of the migration node 135 in a network layer (layer 3), or the base station server 145, and programming of routing. As the approach of the common knowledge at the time of judging the timing of a hand off, the reinforcement of the beacon signal in the MAC (mobility access control) layer which is a layer 2 or its sublayer is used from the former. By this approach, the migration node 135 carries out monitor measurement of the signal strength of the beacon signal from the base station 150 which carries out a \*\* area, and the adjoining base station 150, and performs the hand off to the new base station 150 which has transmitted the most powerful beacon signal. Similarly, as already explained, connection with the base station server 145 which is carrying out the \*\* area, and evaluation of the connectability to the adjoining base station server 145 are performed in a network layer (layer 3) by performing packet switching between the migration node 135 and the base station server 145. For example, a router transmits an advertising packet spontaneously and advertises oneself's existence to the passing migration node. You may consider that this advertising packet is the beacon of the layer 3 similar to the beacon of the layer 2 for measurement on the strength. Mobility prediction analysis concerning this invention is performed in a network layer 3 using these specific packets. However, the approach of the common knowledge in the

network layers 2, such as measurement of the beacon performed more in a low layer on the strength, is used, and you may make it supplement with or check the prediction result of a layer 3. Furthermore, the prediction approach of this invention is made to apply to the variable relevant to the mobility of a layer 2, and you may make it obtain the same result.

[0048] Itself is enough to offer correctly the threshold which usually carries out the trigger of the processing by the demanded migration node as a desirable gestalt of the mobility prediction analysis concerning this invention. Nevertheless, when available, geographical mapping information which is offered by GPS is used and you may make it supplement with or check the result of mobility prediction analysis.

[0049] To the present stage, three, a statistical method, the desirable alternative way, i.e., deterministic approach, of mobility prediction, and the accommodative approach, were explained. Among these, the accommodative approach can offer an exact result especially. Generally, the deterministic approach is based on recognition that functional relation exists between the packet latencies  $\tau$  specified by network layer (layer 3) programming of signal strength  $S$  and a migration node judged in the MAC section of physical network layer (layer 2) programming of a migration node. It is known that  $S$  will change as a function of the distance  $d$  between a base station and a migration node. Thus, the

mathematical relation between the parameters which can be used for deterministic approach predicting the future value of a packet latency besides Latency  $\tau$  and distance  $d$  from the value of the sample of the past called other parameters, such as transmitted power, channel bandwidth, an antenna constant, and additive white gaussian noise (AWGN: additive white Gaussian noise), is offered.

[0050] The packet latency  $\tau$  of the layer 2 signal strength  $S$  and a layer 3 of statistical approach is both usually statistical processing, and  $S(t)$  and  $\tau(t)$  ( $t$  are respectively based on recognition that it is time amount). Therefore, the second [ an average of ] power (LMS: least mean squares) approach of the minimum of a common type can be used for predicting the future value of the packet latency of a layer 3 from the value of the sample of the past packet latency. The accommodative approach also usually uses the value of the packet latency  $\tau$  of the layer 3 measured beforehand. This approach also calculates the minimum mean squared error forecast of the future value of the packet latency  $\tau$  based on the packet latency  $\tau$  by which the current value of the packet latency  $\tau$  and some were beforehand measured using error condition feedback in the second [ an average of ] power algorithm of the minimum of a common type.

[0051] Since preferably makes evaluation and selection of the optimal network

connection easy, a migration node receives and records the sampled value about all or an effective number at least of base stations among the base stations which receive a beacon packet with periodic self-equipment. Usually, the period of each beacon signal is 100 ms extent, and it turns out that a quite exact mobility prediction result is obtained with a maximum of 10 samples. Preferably, a migration node performs mobility prediction about each base station where self-equipment receives and memorizes a sample.

[0052] First, the relation between the variable of a layer 2 and the variable of a layer 3 is analyzed. The purpose of this analysis is focusing on the value of the packet latency measured by the signal strength measured by the layer 2, and the layer 3, and formulizing the mathematics type for mapping of these variables to the layer of another side of one layer. Here, they are  $S(t_1)$  and  $S(t_2)$ . .... and  $S(t_n)$  assume that it is  $n+1$  continuous sample of the beacon signal measured by the layer 2 in time of day  $t_0, t_1, \dots, t_n$ . Moreover,  $\tau(t_1), \tau(t_2)$  .... and  $\tau(t_n)$  assume that it is  $n+1$  continuous sample of the packet latency measured by the layer 3 in time of day  $t_0, t_1, \dots, t_n$ . The packet latency  $\tau$  expresses the latency of the beacon packet transmitted from an adjoining router or an adjoining base station to a migration node. It can be considered that the packet latency  $\tau$  is the index which shows the quality of the wireless connectability between a base station and a migration node.

[0053] theoretical \*\*\*\* -- by experimental analysis, it is checked between the packet latency  $\tau$  and signal strength  $S$  that functional relation exists. This relation is expressed with formula  $\tau=f(S)$ . Based on the statistic model of common knowledge of signal strength  $S$ , the statistical model of the packet latency  $\tau$  can be built using this relation. [Equation 1] when the probability of the packet error which  $P_e$  can presume from a bit error rate, i.e., a packet, is damaged and retransmission of message shows the required probability

$$E = \frac{1}{1 - P_e}$$

..... (1)

Here,  $E$  is the forecast of required transmitting trial, by the time the packet transmission to a transmitting person, i.e., the addressee from a base station, i.e., a migration node, is successful. That is, the packet latency  $\tau$  is [Equation 2].

$$\tau \cong \frac{T_x}{1 - P_e} + T_{proc}$$

..... (2)

[0054] Here,  $T_x$  is the total air time for every packet computed at the size/rate of a bit of a propagation delay plus packet. Moreover,  $T_{proc}$  expresses the coarse processing time. In additive white gaussian noise (AWGN), the probability of



generating of a bit or a notation error serves as a function of the received signal-to-noise ratio (SNR). Thus, the probability of a bit or a notation error and the statistical relation of SNR are expressed with a gauss Q function by applying the radio theory. The probability of a bit or notation error generating of it being mostly in inverse proportion to SNR which received is actually clear. Therefore, the probability of a packet error is also in inverse proportion to received SNR.

Namely, [Equation 3]

$$P_e \propto \frac{1}{\gamma} \Leftrightarrow P_e = \frac{J}{\gamma} = \frac{J}{\frac{S}{BN_0}} = \frac{JBN_0}{S}$$

..... (3)

Here, for SNR and J, a constant and S of received signal power and B are [ gamma / the bandwidth of a receiver and N0 ] noise power spectral densities. if (3) is combined with a formula (2), it comes out and a certain Tproc is disregarded and it must be regularity relatively between packets, S and tau will become the following relation mathematically.

[Equation 4]

$$\tau \approx \frac{ST_x}{S - JBN_0}$$

..... (4)

Or it is [Equation 5] when expressed with SNR.

$$\tau \approx \frac{\gamma T_x}{\gamma - J}$$

..... (5)

[0055] If a desirable decision theoretic approach is explained again, referring to drawing 3 , the migration node 135 will receive periodically the beacon signal from one or more base stations 150. Since processing of a format and contents of the beacon signal, and the beacon signal in physical network layer layer 3 programming of a migration node is a criterion, detailed explanation is omitted here. Usually, a beacon signal is the period of about 100 mses. The reinforcement or the absolute value of the beacon signal S changes with the distance d between a base station and a migration node, and it is assumed that the distance d between a base station and a migration node changes to time amount t. Programming 200 is contained in network layer layer 3 programming of a migration node. The reception storage of many samples of the distance from a base station to a migration node is carried out, only the number equivalent to the sample of distance memorizes the sample of the layer 3 packet latency tau for which performed the mathematics algorithm and it asked based on the sample of distance, and this programming 200 predicts the future value of the packet latency tau which starts a base station based on the combination of the

sample of distance, and the sample of a packet latency.

[0056] However, the point that the reinforcement S of a beacon signal receives effect in other factors, such as interference by the base station, and the structure and other base stations which intervene with the distance d between migration nodes, is known. Therefore, the deterministic prediction approach concerning this invention is separately explained about the radio the case of a free-space environment (it is not high-speed phasing), and in the case of the phasing environment of a multi-pass.

[0057] First, in a free-space pass loss model, the received signal strength S is in inverse proportion to the square of the distance d between a transmitter and a receiver. A simple pass loss model is expressed by the following formulas.

[Equation 6]

$$S = \frac{K P_t}{f^2 d^i}$$

(In  $2 \leq i \leq 4$ , the case of free space  $i = 2$ ) ..... (6)

As for a free-space constant and  $P_t$ , transmitted power and f of K are [ a frequency and d ] the distance between a transmitter and a receiver, and the multiplier which says that i is four or less [ 2 or more ], and i is equal to 2 in free space.

[0058] (6) If a formula is substituted for S of (4) types, the model of the packet

latency tau of a layer 3 will be called for as follows.

[Equation 7]

$$\tau \approx \frac{T_x}{1 - \frac{J d^i N_0 B}{K P_t}}$$

..... (7)

In beta, when equal to J/K, a formula (7) turns into the following formulas (8).

[Equation 8]

$$\tau \approx \frac{T_x P_t}{P_t - \beta d^i N_0 B}$$

..... (8)

[0059] A formula (8) guesses the packet latency tau in a free-space pass loss environment from Tx, beta, Pt, d, B, and N0. d which is the distance between a base station and a migration node -- removing -- the parameter of a formula (8) -- all -- the layer 2 of a migration node, or a layer 3 -- it is a system parameter acquirable from one of programming. Thus, in the deterministic approach, d is judged by measurement, and it substitutes for a formula (8), and asks for tau. Various approaches for measuring d are possible. When many base station cels exist and the migration node has received the beacon signal from at least three

base stations, the distance of a migration node can be judged from each base station using the triangulation technique of a common type based on the on-the-strength measurement result of a relative beacon signal. Moreover, there is also the approach of using GPS.

[0060] By understanding a formula (8) continuously periodically, a series of continuous values  $\tau$  are calculated. And standard regression analysis is performed and a sample is statistically fitted to a regression curve. This regression curve predicts one or more values of  $\tau$  at the time of there being a time of being extrapolated and chosen or the future. Although comparatively easy linear regression is sufficient as regression analysis, linear regression has the case which can be performed easily where it is inferior with the accuracy of a prediction result on the other hand. When a more exact forecast is required, it is more complicated and count may perform advanced regression analysis. By updating periodically the sample base, i.e., measurement of  $d$  and the forecast of corresponding  $\tau$ , and rerunning regression analysis, when a migration node moves in a network to a base station, the future value of  $\tau$  concerning the migration node to a base station can be predicted easily. an allowed time required for prediction of  $\tau$  -- about 1 second -- it is -- the beacon signal of 100 mses -- it is about equivalent to ten periods. However, a forecast needs to recognize the point of becoming incorrectness more, so that a time frame will

become long although a short longer or prediction time frame may be used if there is a demand.

[0061] Unlike a free-space path model, two or more phasing model reflects more nearly actually the actual environment spread by the signal. The model of Rayleigh of phasing can express two or more phasing environment correctly. When not using the diversity composition approach in a receiver antenna, a signal deteriorates remarkably owing to multi-pass phasing. In the CDMA system, the RAKE receiver is designed so that pass diversity may be obtained by the pass composition approach. It is the base in case the maximum ratio composition (MRC: maximal ratio combining) acquires pass diversity with a RAKE receiver. According to the formula (3), it is [Equation 9].

$$P_e = \frac{J}{\gamma}$$

..... (3)

[0062] In two or more phasing environment, gamma, i.e., SNR which received, is a random variable. Each branch of MRC in the case of multi-pass diversity has the average of SNR, i.e., gamma. Namely, [Equation 10]

$$\Gamma = \frac{S}{N_0 B} \bar{\alpha}^2$$

..... (9)

Here,  $\bar{\alpha}^2$  ('/' means the bar which is on 'alpha' in a formula (9)) is the mean square of the gain of Rayleigh of a phasing channel.  $\alpha$  is rayleigy distribution and  $\alpha^2$  is exponential distribution. That is,  $\bar{\gamma}_M$  ('/' means the bar which is on 'gamma' in a formula (10)) of a SNR average or two or more branches MRC is [Equation 11].

$$\bar{\gamma}_M = \sum_{i=1}^M \bar{\gamma}_i = \sum_{i=1}^M \Gamma = M \Gamma$$

..... (10)

[0063] Therefore, the estimate of the packet latency  $\tau$  in the case of the RAKE receiver in a Rayleigh fading environment is calculated from the following formulas (11).

[Equation 12]

$$\bar{\tau} = \frac{T_x \bar{\gamma}_M}{\bar{\gamma}_M - J}$$

..... (11)

Here,  $\bar{\tau}$  ('/' means the bar which is on 'tau' in a formula (11)) is an average packet latency forecast. If a formula (9) and (11) are used, the formula in the case of an environment without free-space phasing (8) will become like a formula (12).

[Equation 13]

$$\bar{\tau} = \frac{M T_x P_i \bar{\alpha}^2}{M P_i \bar{\alpha}^2 - \beta d^i N_0 B}$$

..... (12)

[0064] On the basis of the same relation and the same model as what was expressed to (8) from the formula (1), further, the desirable statistical approach is based on the further recognition as it is a process with statistical tau (t) itself. The LMS theory is famous as theory which calculates a prediction future value based on the past statistical value. The prediction future value of the packet latency tau is expressed as follows using this LMS.

[Equation 14]

$$\hat{\tau}_{t_{N+1}} = E[\tau(t_{N+1}) | \tau(t_N), \tau(t_{N-1}), \dots, \tau(t_0)]$$

..... (13)

[0065] As shown in drawing 4 , in a statistical method, the migration node 135 acquires the set of the sample of the latency value tau between sampling times by measuring the latency time amount of the beacon packet which arrives from a base station 150. This gives a time stump to the beacon packet from a base station to a migration node, transmits to it, and becomes possible in a migration node by measuring a difference with the time amount which the time of arrival and the time stump to a migration node show as the total packet latency. The



latency value  $\tau$  of a sample can be calculated by synchronizing a base station and a migration node carefully. Thus, the migration node 135 calculates the latency value  $\tau$  of a sample ( $t_0$ - $t_n$ ), and stores it in memory 300. The set of two or more latency values  $\tau$  is inputted into the correlation computer 330, and this computer 330 gives the presumed multiplier  $K_0$  using the linearity LMS technique of a common type. The presumed multiplier  $K_0$  is inputted into the linearity composition machine 350 of a common type, and this linearity composition machine 350 applies the presumed multiplier  $K_0$  to the latency value  $\tau$  of a sample, and it generates the prediction latency value  $\tau$  applied to the base station in future time-of-day index  $t_{n+1}$  with the MMSE technique of a common type. It is used for the predicted future latency value  $\tau$  being compared with the threshold set up beforehand, and carrying out the trigger of the required actuation, or optimizing the network connection of a migration node as mentioned above. The consideration about measurement of the distance in the case of prediction of the latency  $\tau$  explained in relation to the deterministic approach and selection of a time-of-day index is applied also to a statistical method.

[0066] Furthermore, when a statistical method applies LMS of a common type to the latency value  $\tau$  of the sample in the past time-of-day index,  $\tau$  ( $t_{n+1}$ ) is based on the premise that it can predict. The solution (13) to is given by the

following formulas.

[Equation 15]

$$\hat{\tau}_{t_{n+1}} = K_0 \underline{\tau}_{t_n}$$

$$\text{ここで、} \underline{\tau}_{t_n} = \begin{bmatrix} \tau(t_n) \\ \tau(t_{n-1}) \\ \vdots \\ \tau(t_0) \end{bmatrix} \quad \text{および} \quad K_0 = [k_n \quad k_{n-1} \quad \cdots \quad k_0]$$

..... (14)

[0067] There is the original approach of making min the mean square error expressed in (14) as a formula (13).

[Equation 16]

$$K_0 R_\tau = R_{\tau \tau_{t_n}}$$

$$K_0 = R_{\tau \tau_{t_n}} R_\tau^{-1}$$

..... (15)

Here, Rtau is an autocorrelation matrix, i.e., Rtau=Etautau\*, and Rtautautn is a cross-correlation matrix, i.e., Rtautautn=Etautautn\*.

[0068] The computational complexity of prediction can be reduced when it is assumed that with the passage of time distance [ between a base station and a migration node ] d (t) is Markov process. That is, it is the case where it is assumed that two or more values of d (t) measured in the discrete time interval form the Markov chain. When d (t) forms the Markov chain, latency value tau (t)

forms the Markov chain. This is because it can judge based on  $d(t)$  as  $\tau(t)$  indicates it in (9) as a formula (8). As shown in a formula (16), in the Markov chain, it turns out that it does not depend for the conditional distribution of the future value of the past conditions  $X_0$  and  $X_1, \dots, X_{n-1}$ , and condition  $X_{n+1}$  in the case of the value of the current condition  $X_n$  on the past condition, but is dependent only on a current condition. Namely, [Equation 17]

$$\Pr\{X_{n+1}|X_n, X_{n-1}, \dots, X_0\} = \Pr\{X_{n+1}|X_n\}$$

..... (16)

[0069] A formula (13) can predict the future latency value  $\tau(t_{n+1})$  based on current and past latency value  $\tau(t_n)$ , and  $\tau(t_{n-1}), \dots, \tau(t_0)$ . Although it will not be Markov if a desirable statistical mobility model is said strictly, it turns out that the past latency value  $\tau$  was not correlated in remarkable extent between the future latency values  $\tau$  from the current latency value  $\tau$ . If this point is taken into consideration, the future latency value  $\tau(t_{n+1})$  can be predicted based on a current latency value and latency value [ of some past ]  $\tau(t_n)$ , and  $\tau(t_{n-1})$  and  $\tau(t_{n-2})$ . Thus, a formula (13) can also be expressed as follows.

[Equation 18]

$$\tau_{predicted}(t_{n+1}) \approx E[\tau(t_{n+1})|\tau(t_n), \tau(t_{n-1}), \tau(t_{n-2})]$$

..... (17)

[0070] In the case of this predictive model, the future latency value tau can be predicted sufficiently correctly using the following algorithms.

[Equation 19]

$$\hat{\tau}_{t_{N+1}} = K_0 \tau_{t_N}$$

$$\text{ここで、} \tau_{t_N} = \begin{bmatrix} \tau(t_n) \\ \tau(t_{n-1}) \\ \tau(t_{n-2}) \end{bmatrix} \text{ および } K_0 = [k_n \quad k_{n-1} \quad k_{n-2}]$$

..... (18)

[0071] Finally, one gestalt of the accommodative prediction approach is illustrated by drawing 5 . The accommodative approach is preferably performed in layer 3 network-layer programming of a migration node deterministically like a statistical method. Like a statistical approach, the accommodative prediction approach predicts mobility only based on the sample of the packet latency of a layer 3.

[0072] As an advantageous point, by the accommodative prediction approach, measurement of the signal strength and distance based on processing of the layer 2 of a lower layer is unnecessary, and it does not depend for it on any system parameters. A migration node judges preferably periodically the set with which tau (tn) continued from the sample tau of the packet latency tau (t0) for about 1 second during sampling time. In the desirable gestalt, if ten samples

obtained from the base station beacon signal of 100 ms periods of ten pieces are used, it comes out enough and a certain thing is understood. The sample latency value tau is appropriately acquirable by the same approach as having already explained in relation to one gestalt of a statistical method. The acquired sample is preferably stored in memory 500. It will be replaced with the oldest sample stored in memory 500 if one new sample is judged. A sample is serially inputted into the adaptive-prediction machine 520 from memory. The accommodative prediction machine 520 generates the future value tau (tn+1) predicted based on tau (tn) from Sample tau (t0) by carrying out repeated calculation of the weighting factor of a sample using the LMS technique of a common type. The forecast of tau (tn+1) is inputted into an adder 530, is added to the value of the sample of actual tau (tn+1) judged continuously, and generates error signal etau (tn+1) here. An error signal is fed back to an adaptive-prediction machine, and a weighting factor is adjusted according to it.

[0073] Three models of the following [ the accommodative prediction approach ] are available.

[Equation 20]

$$\hat{\tau}_{Adaptive} = \omega_0 \tau_D (d_{est} + \Delta d) + \omega_1 \tau(t_n) + \omega_2 \tau(t_{n-1})$$

..... (19)

Here, it is  $\tau_D = f(d)$ ,  $\text{dest} = f^{-1}(\tau)$ , and  $\text{deltad} = t_n - t_{n-1}$ , and they are  $\omega_0, \omega_1, \omega_2$ , and \*\*\*\*\*.

[Equation 21]

$$\hat{\tau}_{Adaptive} = \omega_0 \tau(t_n) + \omega_1 \tau(t_{n-1}) + \omega_2 \tau(t_{n-2})$$

..... (20)

[Equation 22]

$$\hat{\tau}_{Adaptive} = \tau(t_n) + \omega_0 \Delta_0 + \omega_1 \Delta_1$$

..... (21)

Here, it is  $\Delta_0 = t_n - t_{n-1}$ , and is  $\Delta_1 = t_{n-1} - t_{n-2}$ . A formula (19) requires the most complicated operation. As shown in a formula (8) and (12), there is deterministic relation to the distance  $d$  between the packet latency  $\tau$ , a base station, and a migration node, and it is informally expressed by  $\tau_D = f(d)$ . Thus,  $\tau_D$  ( $\text{dest} + \text{deltad}$ ) is obtained by solving a formula (8) or either of (12) to hard flow. The formula (20) is easier than a formula (19), and current and the packet latency sample of the two past are used for it. The formula (21) is still easier.

[0074] Weighting factors  $\omega_1, \omega_2$ , and  $\omega_3$  are acquirable with an MMSE (minimum mean squared error) technique. Thus, the set of weighting factors  $\omega_1, \omega_2$ , and  $\omega_3$  is a time function, and is judged based on the set and error feedback of the past weighting factor. This error feedback is

the difference of the predicted latency and the actually measured latency. For example, the optimal weighting factors omega1, omega2, and omega3 in the case of a formula (19) are expressed with the following algorithms.

[Equation 23]

$$\begin{bmatrix} \omega_0 \\ \omega_1 \\ \omega_2 \end{bmatrix}_{t_{n+1}} = \begin{bmatrix} \omega_0 \\ \omega_1 \\ \omega_2 \end{bmatrix}_{t_n} + 2\mu \varepsilon_{t_n} \begin{bmatrix} \tau_D(d_{est} + \Delta d) \\ \tau(t_n) \\ \tau(t_{n-1}) \end{bmatrix}$$

$$\varepsilon_{t_n} = \tau(t_n) - \begin{bmatrix} \tau_D(d_{est} + \Delta d) \\ \tau(t_{n-1}) \\ \tau(t_{n-2}) \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \omega_0 \\ \omega_1 \\ \omega_2 \end{bmatrix}_{t_{n-1}}$$

..... (22)

mu is a gain constant which adjusts the speed and stability of adaptation-izing of a formula (22). Since big mu is adjusted more greatly [ whenever a weighting factor is repeatedly ], it accelerates adaptation-ization. Experimentially, it is judged with mu= 0.05 being the optimum value of mu.

[0075] The prediction future value tau generated by the accommodative prediction approach is compared with the threshold defined beforehand like the case of the prediction future value tau generated by the deterministic approach and the statistical method. As a result of this comparison, new network connection is started, the new packet root is beforehand set up before a hand off, or the trigger of the actuation as which the migration node of starting beforehand

requires authentication required before a hand off and security processing is carried out. When the prediction future value  $\tau$  is calculated about two or more base stations where the migration node has received the beacon packet, the network connection of a migration node can be optimized by switching network connection to the base station which has the lowest forecast  $\tau$  in the following sample period.

[0076] Although explained in this specification as a variable with which the desirable mobility prediction approach should predict the packet latency of layer 3 network layer The variable relevant to the mobility of the network link layer of a layer 2 for these prediction approaches, For example, when required of a signal pair interference ratio (SIR), a signal-to-noise ratio (SNR), pilot signal strength, etc., or when required, it can apply. Probably, it will be clear for this contractor for the value of these variables to be predicted by the mobility prediction approach mentioned in this application specification.

[0077] The above explanation is the gestalt of desirable operation of this invention. The above-mentioned explanation is an example and, originally is not limited. In the range which does not deviate from the pneuma, this contractor can also understand that various modification and additions are possible, maintaining the freshness of this invention, and the advantageous description. Therefore, the range of this invention is defined by only the claim of the



attachment interpreted correctly.

[0078]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, reduction of quick prior establishment of the root in the case of a hand off and packet latencies is attained. Moreover, the quality of service can be optimized by choosing the best base station in the overlapping cel environment.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the network meant so that this invention might operate, and is drawing of the data network of the Internet Protocol base of mobile access of the wireless of the third generation.

[Drawing 2] It is the simple mold pictorial display of the mobility of a migration node, and the hand off of a network access point in the data network of the Internet Protocol base of mobile access of the wireless of the third generation using a mobile IP.

[Drawing 3] It is the functional diagram showing actuation of one gestalt of the deterministic mobility prediction approach in the data network of the Internet

Protocol base of mobile access of the wireless of the third generation.

[Drawing 4] It is the functional diagram showing actuation of one gestalt of the statistical mobility prediction approach in the data network of the Internet

Protocol base of mobile access of the wireless of the third generation.

[Drawing 5] It is the functional diagram in the data network of the Internet

Protocol base of mobile access of the wireless of the third generation showing actuation of one gestalt of the accommodative mobility prediction approach.